26.3
В 16

ЕННО-НАУЧНАЯ
БЛИОТЕКА

ПРОФ. ИОГАНН ВАЛЬТЕР

ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ О ЗЕМЛЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1922

Выключено
в
1941
ПРОВЕРЕНО
1939 г.

48728

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

26.3
55
B16

80 1987

Проверено
1965 г.

Российская Социалистическая Федеративная Советская Республика.

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

1953

ПРОФ. ИОГАНН ВАЛЬТЕР

ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ О ЗЕМЛЕ

Общедоступное введение в геологию и наставление к производству наблюдений

ИЗДАНИЕ 3-е

Исправленное и дополненное под редакцией
ПРОФ. Д. Н. АНУЧИНА

Инв.
№ 487428

БИБЛИОТЕКА
ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОМА РАБОТНИКОВ
ПРОСВЕЩЕНИЯ и ИСКУССТВ.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО Р. С. Ф. С. Р.
БЕРЛИН 1922

5
731.

ПРОВЕРЕНО
ПЕРЕУЧЕТ 1935 г.
91

Типография Шпамера в Лейпциге.

От редакции.

Первое издание книжки проф. И. Вальтера на русском языке в переводе А. Носкова вышло в 1907 г. в приложении к журналу «Землеведение». В 1914 году потребовалось 2-ое издание, которое вышло отдельной книжкой, со многими дополнениями, под редакцией А. А. Чернова и Д. Н. Анучина. Для настоящего третьего издания перевод вновь просмотрен и исправлен, а также внесены некоторые новые данные в текст и в дополнении к нему.

Предисловие автора.

(К первому изданию.)

Во время моих путешествий и экскурсий у меня неоднократно являлось желание написать книжку, которая знакомила бы начинающего с основными данными геологии и побуждала бы к самостоятельным наблюдениям. Много лет собирал я для этого материал и пользовался всеми подходящими случаями для обсуждения со специалистами намеченного мною порядка изложения. Я издаю теперь результаты моих изучений в надежде найти в кругу моих читателей сотрудников. Существенно важным представлялось мне то обстоятельство, что в последнее время потребность в более солидном геологическом образовании стала все более сознаваться в обществе.

В распределении материала я следовал порядку геологического исследования, начинающегося с изучения обнажений и заканчивающегося определением последовательности слоев в профиле и на карте. Сравнительная стратиграфия и историческая геология строятся на этой основе, но они требуют *обширных сведений* и продолжительных занятий геологией.

Геологией можно заниматься, строго говоря, только в природе; к этому должны вести прилагаемые

для упражнений задачи. Я избегал при этом применения дорогих приборов и сложных вычислений, для того, чтобы и неопытный мог ответить на предлагаемые вопросы. Небольшие весы, стакан на треножнике, спиртовая лампа и немного соляной кислоты — вот все наши инструменты; получивший подготовку по химии и математике сумеет применить более точные методы. Я буду очень благодарен, если мне будут сообщены поправки и дополнения к предлагаемым задачам.

Рисунки я изготовил сам; чего недостает им в изяществе, то вознаграждается тем, что они изображают только существенное.

Автор.

I. Введение.

Содержание геологии[1]) (см. допол. 1) составляют бесчисленные процессы и важные законы, которые можно наблюдать всюду и без дорогих приборов. Каждый ливень, каждый источник, каждый берег ручья и каждая каменоломня, даже каждая яма в глине пригодны для наблюдений над слабым действием сил природы. Осколок кремня может открыть для нас широкие горизонты, и поэтому с полным правом можно говорить иносказательно о «geologia pauperum» (геологие бедных); — мы разумеем под этим рассмотрение геологических процессов и фактов, знакомящее нас без особых химических, минералогических или математических знаний с обыденными явлениями, и оживляющее интерес к родиноведению.

Хотя геология трактует об элементарных основах географических явлений, однако, определенное представление о методах исследования, задачах и содержании этой науки имеют только немногие образованные люди. Приходится встречаться с мнением, что геология представляет только сводку фантастических гипотез о первобытной истории земли и по-

---

[1]) Геология — наука о земле, т.-е. учение о свойствах, преобразованиях и истории происхождения земли.

тому не удовлетворяет строгим требованиям, подтверждаемым точными доказательствами. В педагогических кругах часто смешивают с геологией минералогию[1]) и переносят содержание одной науки в другую.

Просмотр какого-либо современного руководства по минералогии убеждает нас в том, что в области этой науки не говорится ни о каких геологических вопросах; из 1000 известных минералов лишь около 27 образуют горные породы, т.-е. важны геологически, все остальные встречаются сравнительно редко; месторождения технически ценных минералов и руд исследуются с помощью исключительно геологических методов. Несмотря на это, многочисленные учебники и популярные книги о, так называемом, «царстве минералов» упорно стоят на давно оставленной точке зрения, рассматривают геологические проблемы как добавление к чисто-минералогическим данным. Поэтому ученик не научается мыслить геологически. Он не постигает истинного значения ежедневных явлений в окружающей его природе, как следствия прежних длительных процессов и как начала будущих событий (см. дополн. 2).

Впрочем, и специалисты-геологи со своей стороны виновны в том, что наша наука не заняла подобающего места в ряду современных образовательных предметов. Почти в монастырском уединении исследователи прежнего времени собирали необозримый фактический материал, но все это написано трудно понимаемым специальным языком и представлено в

---

[1]) Минералогия — наука об отличительных свойствах, составе и происхождении минералов.

дорогих таблицах и картах. Только немногие специалисты-геологи пытались делиться с публикой результатами своих знаний; чаще они предоставляли остроумным, но геологически необразованным писателям, не умевшим читать геологической карты или понимать геологический профиль, снимать пенки со своей науки, и потому взгляд, что геология просто занимательная игра ума, как бы получал новое подтверждение.

Только в ближайшее к нам время обратили должное внимание на научную геологию. Общедоступные сочинения, популярные лекции и сообщения должны пробудить интерес к этой «незнакомой науке» и популяризировать геологические знания. Геологические карты издаются теперь так дешево, что их может купить всякий, призвание которого соприкасается с этой областью знания. Государственные геологические учреждения доставляют сведения и заключения по геологическим вопросам и стремятся подчинить плоды своей работы культурным задачам.

Но что значат все эти усилия перед громадной пропастью, которая продолжает отделять геологию от практической жизни! Есть только одно средство, чтобы перебросить мост, — именно **введение геологии в школьное преподавание**. Во Франции уже лет пятнадцать как сделали этот шаг. Швейцария, Англия и Сев. Америка давно опередили другие страны. В Германии уже начинают понимать, какое громадное образовательное значение свойственно геологии в идейном и практическом смысле. Она изощряет глаз и помогает нам позна-

вать в обыденных явлениях великие мировые законы. Самое однообразное путешествие, самая «скучная» страна становятся интересными, если мы обратим внимание на геологические явления. Географические особенности, ландшафт, формы гор и долин, распределение влажных и сухих почв, направление и падение рек, размещение растений и животных, характер человеческих поселков, плотность населения, даже историческое развитие стран обусловливаются геологическими причинами и становятся понятными только при условии, если мы в состоянии думать геологически.

Геологические карты показывают нам также места, где залегают руды и где можно производить ломку камня, рыть глину, мергель, торф, отыскивать залежи каменного угля или соленые источники. При взгляде на карту мы можем сразу узнать, в каком месте лучше всего добывать камень для мостовых и щебень для дорог; проложение железных и других дорог, постройка домов и фабрик, отыскание источников, основы земледельческого и лесного хозяйства — относительно всего этого можно придти к правильным заключениям на основании геологической карты.

В виду такого широкого значения геологических карт для практических и теоретических целей можно легко понять, почему все культурные нации отпускают ежегодно большие суммы на геологическую с'емку и на издание геологических карт.

Кроме того, значительные расходы делают культурные государства на производство геологических

изысканий через посредство геологических учреждений при университетах и горных институтах; единовременные крупные затраты также производят академии, акционерные общества и отдельные предприниматели на геологические экспедиции в Европе и вне ее (см. 3 доп.).

Приняв все это в расчет, можно без преувеличения утверждать, что в государственном бюджете из всех наук геология играет важнейшую роль. Легко доказать, что миллионы денег сберегаются или тратятся без пользы, смотря по тому, были ли приняты во внимание или нет, при намеченных предприятиях, природные данные, насколько они представлены на геологических картах.

Из всего сказанного можно с полным правом утверждать, что известная сумма геологических знаний необходима для каждого образованного человека. В виду этого мы попытаемся (насколько возможно без личного руководства) изложить важнейшие геологические данные на основе легко понятных и почти всюду встречающихся явлений.

2. Геологические обнажения.

Формы ландшафта, характер гор и долин, распределение лугов и лесов, плодородие почвы и жизнь населения страны находятся в причинной зависимости от геологического строения земной коры, от распределения в ней горных пород, твердых и мягких, водопроницаемых и водоносных, образующих рыхлую почву или бесплодных. Поэтому, если мы

хотим понять географические и хозяйственные соотношения какой-нибудь страны, мы должны ознакомиться с ее геологической основой.

Но эта задача нелегкая. Коренные породы земли почти всюду скрыты под двумя, лежащими один на другом покровами, которые мы будем называть покровом растительным и покровом из продуктов выветривания. Только там, где эти покровы удалены естественным или искусственным путем, мы можем производить геологические наблюдения.

На голых вершинах высоких гор, в лишенной растительности пустыне, на скалистом берегу моря внутреннее строение земной коры обнаруживается ясно на широких пространствах. Иное в нашем климате, где толстый слой трав, мхов, лишайников и деревьев почти всюду покрывает почву и оставляет свободными только немногие места, на которых мы можем начать наши наблюдения. Мы называем такие места обнажениями и различаем природные обнажения, где на более или менее крутых склонах выходят на дневную поверхность коренные горные породы, от искусственных, образующихся при ломке камня, при проведении дорог, железнодорожных путей, туннелей, закладке шахт, домов и колодцев.

Исследуем ли мы, как специалисты-геологи, еще неизвестную страну или делаем только первые шаги в науке о земле, мы должны начать с изучения искусственных и природных обнажений.

Можно предположить, что пещеры, глубоко внедряющиеся в земную кору, представляют удобный

способ для исследования внутренних недр земли; но они образуются большею частью в неслоистых толщах горных пород и только в редких случаях в состоянии дать картину подземных форм напластования.

Более всего пригодны для этой цели каменоломни, так как они обыкновенно идут на значительную глубину и позволяют лучше проследить отношение поверхности земли к коренным породам.

В гористой стране мы наблюдаем обыкновенно следующее (рис. 1): поверхность почвы, содержащей большее или меньшее количество камней, образована землей (пахотный слой, чернозем), пронизанной корнями разных трав, кустарников и деревьев, и служащей для них местом прикрепления и питания. Мягкая и мелкозернистая почва с глубиной становится более каменистой; обломки пород увеличиваются в размерах и численности, и, если мы будем еще более углубляться, то увидим, что рыхлый слой обломков постепенно превращается в подстилающую его твердую коренную породу.

Сравнивая заключенные в почве камни с породами, залегающими на глубине под ними, мы обыкновенно замечаем, что эти камни соответствуют обломкам глубже лежащей породы. Небольшие различия в цвете и твердости обусловлены описанным ниже выветриванием. По временам, однако, попадаются посторонние камни, место происхождения которых нужно отыскать. На крутых склонах гор они происходят, большей частью, из пород, наблюдаемых на более высоких уровнях, и скатившихся по склону,

или же они оказываются пришельцами издалека, принесенными водой или льдом.

Рис. 1.
Разрез через поросший растениями и покрытый щебнем склон горы на левом берегу реки. Слоистые породы различного рода (отмечены на рисунке условными знаками) прорезаны вулканической порфировой жилой (заштрихована крестообразно). Из разнообразных пород можно наблюдать на естественном обнажении только три, остальные скрыты под щебневым покровом. Различные породы смешиваются на щебневом склоне, а растущие на нем деревья имеют искривленный внизу ствол.

Чем меньше угол наклона местности, тем вообще многочисленнее в почве посторонние горные породы. Обломочный покров низменностей, по большей части,

имеет большую мощность; вся его масса принесена нередко издалека или же образовалась путем многовекового выветривания из соседних гор. В таких случаях из-под поверхности наносных отложений часто возвышаются одиноко стоящие скалы местных горных пород.

Задачи.

1) Осмотри в окрестностях твоего местообитания все обнажения и измерь в сантиметрах мощность (толщину) наноса. При различном наклоне она разной величины; корни растений проникают на большую или меньшую глубину; масса рассеянных в пахотном слое камней (часто обломков ниже лежащих пород) изменчива.

2) Всякий раз собирай на различных обнажениях находящиеся там породы и сравнивай с выветрившимися в пахотной земле обломками. Получи при помощи молотка на каждом выветрившемся куске свежую поверхность излома, чтобы можно было изучить невыветрившееся еще ядро. Геологический молоток должен быть из хорошей стали, иметь вес около $^5/_8$ фун., с одной стороны он должен быть четырехугольным, а с другой — иметь лезвие. Твердость стали должна быть хорошо известна: кто будет отбивать кристаллические породы, должен брать более твердую сталь, чем тот, кто собирает окаменелости в известняке. Рукоятка, сделанная из ясеневого дерева, должна быть длиной 40 cm. и иметь в разрезе овальную форму. Ее укрепляют в отверстии молотка, несколько суживающемся книзу, при помощи клинышков.

Начинают с более мягких пород, чтобы приобрести навык ударять и научиться хорошо владеть молотком. Кусок держат в левой руке и разбивают на части короткими ударами, при чем особенно пользуются краем плоского конца молотка. Заостренный конец молотка служит для раскапывания грунта или для отделения мелких частей от более круп-

40-12

ного куска породы. Молоток носят в кожаном чехле дорожной сумки или на кожаном поясе (см. доп. 4).

3) В особенности собирай образцы посторонних пород, не встречающихся в обнажении и старайся установить, откуда они происходят (с более ли высоких склонов, или из бассейна ближайшего потока, или издалека).

4) Каждый найденный кусок должен быть обернут в лоскут бумаги 2—3 раза, так как иначе он разотрется и станет негодным. К каждому куску прикрепляй этикетку, т.-е. кусочек белой бумажки, которую лучше всего отрывать от памятной книжки. На ней отмечают место, обстоятельства находки и число. Без этикетки собранные камни не имеют значения.

5) Всякому, интересующемуся геологией, особенно рекомендуется посещение рудников, так как только там можно составить правильное суждение о внутреннем строении земной коры.

6) Зарисуй, хотя бы и без особого искусства, все, что ты видел на обнажении; дополни рисунок пояснительными словами и точными числами. Таким путем научишься точнее наблюдать и при рассматривании другого обнажения легко вспомнишь виденное раньше.

3. Выветривание.

Камни, рассеянные в поле и в лесу и собираемые крестьянами на меже, различаются по форме, цвету и твердости от тех обломков пород, которые мы видели как отбросы в каменоломнях. Здесь мы изучаем первоначальные свойства породы, там — изменившиеся свойства выветрившегося щебня.

Обломки камней, заключенные в поверхностных слоях земли, по большей части лишены явственных углов и ребер. Выступы их округлены, и серый или желтый, более мягкий корковый слой скрывает

их ядро. Стоит только разбить кусок молотком, чтобы видеть, что он изменился изнутри к поверхности. Разнообразные процессы, оказывающие такое действие как на отдельные куски, так и на целые скалы, мы называем выветриванием, так как они обусловливаются главным образом влиянием погоды. Процессы выветривания можно разделить на три: физическое, химическое и органическое выветривание.

I. Физическое[1]) выветривание.

Солнечные лучи сильно нагревают утесы и отдельные камни, особенно, если они темного цвета. В пустынях наблюдали температуру скал в 75° С. И у нас в жаркое лето легко можно заметить сильное нагревание скал. Чтобы измерить действующее при физическом выветривании быстрое охлаждение, стоит только определить температуру выпавшей при ливне дождевой воды. Легко сообразить, что даже твердые породы будут разбиты трещинами, если их разогретая солнцем и расширившаяся поверхность попадет вдруг под холодный ливень. Глубина и длина образующихся при этом щелей, само собой разумеется, тем значительнее, чем резче и быстрее следует охлаждение. Поэтому в нашем климате образуются только ничтожные щели, тогда как в местностях жаркого климата имеет место образование более значительных трещин.

---

[1]) Т. е. распадение породы без изменения химического состава.

Если вышеописанный процесс повторяется часто, то физическое выветривание и в нашей местности, работая многие века, может разбить трещинами даже очень крупные глыбы.

Весной и осенью мелкие щели расширяются, если в них днем проникает дождевая вода и ночью замерзает. Во время перехода воды из жидкого состояния в твердое происходит увеличение об'ема ее на $^1/_{11}$, отчего щели в такой же мере расходятся. Этот процесс, который мы называем растрескиванием от мороза, может повторяться часто, и тогда твердая порода распадается на куски.

На высоких горах этот процесс даже летом приобретает особенное значение; восхождение на некоторые вершины в утренние часы является опасным вследствие постоянного падения обломков.

Точно также и почва разрыхляется действием морозов осенью и на исходе зимы, когда в почве разрастаются многочисленные кристаллы льда, а мелкие камешки выпираются кверху вместе с частичками почвы.

Таким путем почва измельчается, и тяжелые глыбы ее распадаются, как бы подготовляясь к весеннему посеву.

II. Химическое[1]) выветривание.

Химическое выветривание происходит при помощи воды, которая, выпадая в виде дождя или снега, медленно уходит в почву и, наконец, иссякает в

[1]) Т.-е. распадение породы вследствие изменения ее химического состава.

трещинах породы. Так как в течение года снег и дождь выпадают много раз, то в почву проникают все новые массы воды, и если геологическое действие отдельных водяных капель ничтожно, то действие миллиона капель значительно сильнее, и в течение ряда лет сила выветривания все растет.

Вода действует, прежде всего, как растворитель. Некоторые породы, как соль или гипс, растворяются очень легко. Другие, как известняк или доломит, растворяются труднее, но можно доказать, что вообще нерастворимых минералов нет. Стоит только исследовать состав воды, так назыв. минеральных источников, чтобы найти в ней в растворе большое число таких веществ, которые обыкновенно считаются нерастворимыми. Даже кремнекислота и сернокислый барий, при известных условиях, растворимы в воде. Способность воды растворять минералы повышается, если увеличивается температура, если в ней растворены углекислота или другие кислоты, или если она содержит щелочи. Часто порода представляет смесь легко- и труднорастворимых минералов. Тогда первые растворяются быстрее, а последние образуют скелет, в котором остаются более или менее значительные пустоты. Но вследствие этого прочность всей породы существенно ослабляется, и она легче подвергается распадению от физического выветривания. Кроме того вода становится химически связанной (образуя из полевых шпатов — цеолиты, из авгитов и роговых обманок — хлорит, из оливина — серпентин, из ангидрита — гипс). При этом об'ем минералов увеличивается и

происходит разрыв других составных частей горных пород.

Растворяющую силу воды можно изучать как на поверхности земли, так и под землей. Известковые горы часто бывают разрезаны глубокими ущельями и изборождены «каррами», подземные трещины расширяются и маленькие пустоты превращаются в обширные пещеры.

На ряду со сравнительно простым процессом растворения играет большую роль и разложение выветривающихся пород. Если мы оставим на воздухе на некоторое время железные опилки, то серый с металлическим блеском железный порошок превратится в красно-бурую землистую массу. Железо соединилось с кислородом и водою и изменилось химически. Если мы проделаем тот же опыт с медными опилками, то получится зеленое вещество, тогда как опилки цинка, серебра, никкеля или золота остаются долгое время неизменными. Таким образом, существуют вещества, быстро изменяющиеся под влиянием атмосферы, тогда как другие сопротивляются более упорно силам выветривания.

Почти все вулканические породы содержат темно окрашенные составные части, богатые железом. Они легко подвергаются разложению при участии дождевой воды и, подобно железным опилкам, быстро превращаются в охристо-желтую ржавчину. Вследствие этого пласт горной породы разрыхляется, дождевая вода вымывает мягкую ржавчину, и разложение идет все дальше в глубину. В общем желтые как ржавчина породы нужно считать очень выветрившимися.

Если в воде растворены соли, то ее раз'едающая сила больше. Это можно наблюдать на скалистых морских берегах, где содержащиеся в породе массы морской воды принимают существенное участие в процессе раздробления и разрушения. Поэтому-то так сильно выветриваются скалы в пустынях, ибо здесь в избытке имеются соли, которые, растворившись в почве, проникают через все породы и ускоряют их распадение. Точно так же во всякой каменной конюшне, фундамент и стены которой под действием навоза постоянно пропитываются мочевокислыми солями, можно убедиться, что выветривание и разрушение каменных стен идет там особенно быстро.

III. Органическое[1]) выветривание.

Все описанные процессы сопровождаются и ускоряются разнообразными явлениями, которые могут быть сведены к деятельности растений и животных; и хотя в нашем климате практически едва ли можно точно разграничить эти запутанные явления, однако мы обязаны различать их в теории. Начнем с рассмотрения мельчайших живых существ — бактерий, которые находятся всюду в почве и играют важную роль при ее образовании, так как пока они живы, они вызывают в их среде много химических превращений.

Число содержащихся в почве микроскопических грибков-дробянок (бактерий) поразительно велико.

---

[1]) Т.-е. разрыхление и распадение пород под влиянием живых растений и животных.

В пахотной почве и особенно вблизи навозных куч они бесчисленны. Еще на глубине 1 метра кубический сантиметр земли содержит до 150.000 бактерий. С глубиной число их падает, а на глубине 3—5 метр. они исчезают.

Одни дробянки развивают при жизни углекислоту, другие — азотную или азотистую кислоты, аммиак, сероводород или болотный газ. Рассеянные в почве вещества имеют громадное значение для роста и питания растений (хлебных злаков, деревьев). Поэтому вырабатывающие их мелкие существа относятся к полезнейшим созданиям.

Из числа низших растений следует указать прежде всего на лишайников, которые настолько довольствуются малым, что 47 видов их наблюдали даже на оконных стеклах. Их серые, буроватые или желтые корки покрывают даже самые твердые скалы и своими корневыми волосками сверлят в них маленькие пустоты. Спустя уже несколько лет цвет свежего щебня в каменоломнях или на высоких щебневых склонах меняется, так как там всюду поселяются лишаи. Даже лава Везувия спустя пять лет уже покрыта лишаями. Как ни мало их воздействие на породу, все-таки мы должны признать, что и их деятельность в течение столетий может достигать громадных результатов.

В равной степени геологически деятельны и корни высших растений. Если выращивать какое-либо растение на полированной мраморной доске, то уже через несколько дней можно заметить, что кончики корней провели на доске, вследствие выделения

кислоты, ветвистые нежные борозды. На кладбище в Ганновере многие надгробные плиты были приподняты над могилами вследствие роста корней деревьев, а на покрытых лесом скалах можно часто наблюдать, что трещины их расширены корнями.

Известно, что все зольные вещества растений происходят из почвы. Все они были восприняты корнями в виде водного раствора. Если принять в расчет, что злаки содержат зольных составных частей до 10% и что с луга в 1 гектар снимается до 2500 килогр. травы, то из почвы ежегодно извлекается 250 килогр. зольных составных веществ.

В процессах выветривания принимают участие и животныя. Дарвин показал, что каждый дождевой червь проглатывает большое количество почвы, которую снова извергает спустя некоторое время. Когда Дарвин собрал с измеренной поверхности экскременты червей и взвесил их, он убедился, что за 10 лет через пищеварительный канал червей прошел слой пахотной земли толщиной в 2—4 сант. Почва медленно опускается, вследствие чего камни, разбросанные на полях, с годами все более уходят в почву, так как черви нагромождают пахотную почву между ними и над ними. Муравьи также проявляют в наших лесах немаловажную деятельность, перетаскивая большие количества рыхлой земли с одного места на другое и разрыхляя почву своими подземными ходами.. Таким же образом действуют личинки майских жуков, кроты и другие роющие животныя, разрыхляющие почву и усиливающие выветривающую работу воды и воздуха.

Но так как эти процессы в течение дней и месяцев вызывают в природе только совершенно ничтожные результаты, то мы можем легче составить себе представление о ходе выветривания из наблюдений над каменными зданиями. Стоит только обратить внимание на черепичную крышу какого-либо строения и сравнить хотя бы пятилетние крыши или наветренную сторону здания с поверхностями других стен, чтобы увидеть, как могут суммироваться даже незаметные действия.

По мере того, как выветривание действует в течение веков на горные породы, а продукты выветривания разрыхляются корнями и червями и пропитываются органическими остатками, в результате получается порошковидное образование, которое мы называем почвой. Пахотная почва содержит многие химические составные части пород, и плодородие какого-либо поля обусловливается свойствами пород, из разложения которых возникла почва. Смотря по тому, содержатся ли в почве зерна кварца, глина, известь, калий или соль, т.-е. в зависимости от состава и плодородия, различные виды почв носят различные названия. Различаются:

Каменистая почва — богатая обломками камней или галь-
ками.

Хрящевая	»	»	мелкими камешками.
Песчаная	»	»	кварцевым песком.
Известковая	»	»	углекислым кальцием.
Глинистая	»	»	глиной с кремнеземом.
Мергелистая	»	»	глиной и известняком.
Черноземная	»	»	растительным перегноем.
Железистая	»	»	соединениями железа.
Солонцоватая	»	»	поваренной солью.
Гипсовая	»	»	сернокислым кальцием и т. д

(см. доп. 5).

7) Затяни наполненную подкрашенной водой (красные чернила) колбу пробкой с двумя отверстиями; в одно отверстие вставь термометр, в другое — открытую с обоих сторон, не слишком узкую стеклянную трубку и нагревай воду на спиртовой лампочке. Скоро ртуть в термометре и вода в трубке начнут подыматься. При охлаждении вода и ртуть падают. Горные породы тоже расширяются и сжимаются от тепла.

8) Определи нагревание различных пород солнечными лучами. Выбери для этого утес, обращенный к югу, или выставленную на солнце каменную (сланцевую) плитку. Вынь трубку обыкновенного комнатного термометра из оправы, прикрепи ее к полоске белого картона, так чтобы шарик со ртутью лежал свободно. Насыпь кучку латунных опилок (или к.-л. другого металла) на породу и погрузи в нее шарик термометра. Положение столбика ртути отмечай через каждый час черточкой. Если наблюдения закончены, можно непосредственным сравнением заметок на бумаге с термометрической скалой выразить ход температуры породы в градусах.

9) Чтобы можно было сравнивать наблюдения различных дней или над различными породами, чертят (рис. 2) кривую каждого ряда наблюдений, при чем на горизонтальной линии на равных расстояниях обозначают часы, а на перпендикулярах, восстановленных в этих точках, — высоту столбика ртути за каждый час. Линия, соединяющая концы перпендикуляров, дает возможность видеть наглядно ход колебаний температуры.

10) Измерь температуру воды выпавшего дождя. Это лучше всего сделать, повесив термометр далеко от зданий на затененной древесной ветке и производя наблюдения минут через пять. Точные средние числа получаются и при вращении термометра, прикрепленного к шнуру в метр длиной (так наз. термометр — праш).

11) Чтобы пояснить действие температур, нагревают вместе одинаковые по величине куски различных пород на железной тарелке и бросают их в блюдо с холодной водой. Некоторые породы трескаются скорее других. Опыт должен быть по-

вторен многократно, чтобы заметить закономерность и чтобы случайные трещины не дали фальшивого результата.

12) Обрати внимание на тонкие (волосные) щели, покрывающие многие породы, особенно на освещенных солнцем утесах, проследи их ход, разбивая куски породы.

13) Положи разбитый многочисленными трещинами, но еще твердый кусок породы в воду и выставь его на ночь на мороз. Утром окажется, что заполненные льдом щели стали шире, а некоторые куски, после того как лед растает, отвалятся.

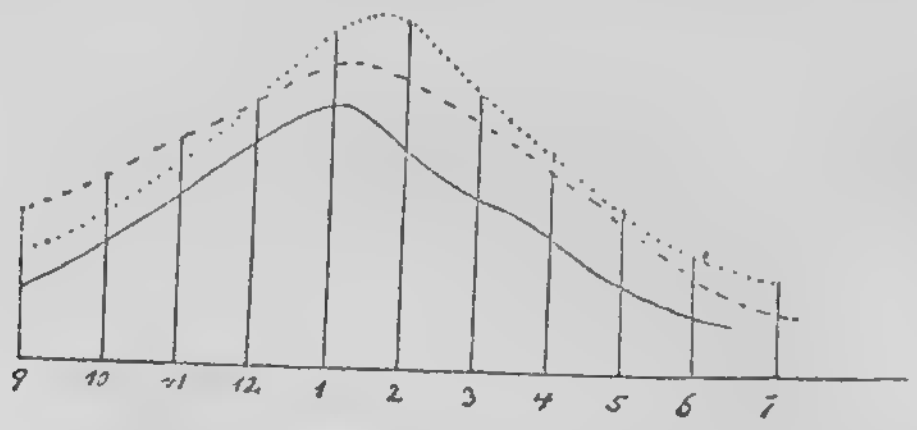


Рис. 2.
Изображение трех различных серий наблюдений над колебаниями температуры нагреваемой солнцем породы с 9 ч. утра до 7 ч.вечера.

14) Наблюдай во время утренней росы, как различные породы камней на тротуаре и на мостовой покрыты сыростью в различной степени.

15) Проследи на щебне покинутой камеломни поселение лишайников и на выветрелых камнях — поселение мхов.

16) Всыпь ложку мелкой садовой земли в $^1/_2$ литра воды, кипевшей час, и прибавь $^1/_2$ литра точно также только что сваренного, хорошо профильтрованного говяжьего бульона, в качестве питательного вещества для почвенных бактерий. Жидкость наливается в две вываренные стеклянные бутылки и последние закупориваются пробками из ваты. Одну бутылку кипятят еще час, чтобы убить находящиеся там бактерии; потом обе бутылки выставляются на 1—2 дня в темное теплое место. Уже через 24 часа можно заметить, что бактерии в некипяченом сосуде сильно размножились, что вода мутна и пахнет газами, образующимися при гниении (сероводород и др.).

В кипяченом сосуде только спустя несколько дней начинают развиваться не убитые при кипячении споры.

17) Возьми две сырые известняковые плитки и начни тереть одну о другую до тех пор, пока их поверхности не станут совершенно гладкими, и полируй их потом сырым наждаком. Положи такую плитку (или отшлифованный кусок мрамора) на дно цветочного горшка и проращивай в нем горох или лупин. На очищенной известковой плитке уже через несколько дней можно ощупать кончиками пальцев нежную сетку ветвистых углублений, созданных корнями.

18) Собирай с садовой почвы поверхностью в 4 кв. метр. экскременты дождевых червей в продолжение 10 следующих один за другим дней. Высуши их в печке и взвесь. Тогда (приняв в расчет число дней без мороза) можно определить приблизительно массу земли, которая в течение года проходит через кишечный канал дождевых червей. Если слой земли, где живут черви, принять в 25 сант., то можно сделать заключение о том, в какое время этот слой прошел через кишку червей.

19) Распредели массивные здания или крыши зданий, сделанные из одного и того же материала, в ряд хотя бы за 5 лет со времени постройки, и сравни, каким образом меняется окраска камней построек, как на них разрастаются лишаи и мхи и появляются повреждения.

20) Сравни сторону какого-либо массивного здания, особенно подверженную влиянию дождя, со стенами, защищенными от него.

21) Сожги 1 килограмм ($2^2/_5$ фунта) высохшего на воздухе сена и взвесь оставшуюся золу; вычисли, сколько зольных составных частей извлекается растениями в течение года с соответственного луга.

22) Сделай то же самое с репой, картофелем или другими корнеплодами.

23) Определи вес золы отпадающих осенью с дерева листьев и вычисли количество взятых из земли составных частей подземной частью дерева.

4. Результаты выветривания.

Так как земная поверхность всюду подвергается выветриванию, и даже самые твердые породы постепенно разрушаются, то везде, как на вершинах и склонах гор, так и в долинах образуется рыхлая почва. Она содержит более или менее крупные обломки еще не вполне выветрившихся пород, достаточно мягка, чтобы пронизываться корнями растений, и, смотря по химическому составу, пригодна для поселения мхов, вереска, трав, кустарника и лиственного или хвойного леса.

Толщина этого покрова, созданного выветриванием, зависит прежде всего от твердости породы, выветривание которой происходит с большей или меньшей интенсивностью; во-вторых, от плотности растущего на ней растительного ковра, который своими многочисленными корнями скрепляет почву, и, наконец, от наклона местности и ее положения по отношению к странам света.

Угол наклона щебневой осыпи различен, смотря по свойствам породы. Чем угловатее куски осыпи, тем круче покатость; круглые валуны в среднем ложатся градуса на 3 положе; влажность также уменьшает угол наклона. В среднем последний бывает равен 32°, но может колебаться в пределах 26—34°.

В горных странах легко можно проследить возникновение выветрившегося щебня на склонах; в долинах и низменностях это наблюдать труднее, так как здесь часто встречается крупный, принесенный извне материал. Далее мы укажем, что долины рек на об-

ширных пространствах покрыты мелкозернистой песчаной землей, которая была принесена рекой из далекой области ее истоков. На северо-германской низменности в течение ледникового периода получил широкое распространение покров из принесенного с севера песка, глины и камней, до 200 метров мощностью.

Под тропиками, где густой лес и обильные осадки особенно благоприятны для химического выветривания, наблюдали, что разрыхленный покров из продуктов выветривания имеет мощность более 50 м. над коренной породой. В нашем же климате покров выветривания уже в 2—5 м. следует признать значительным. Если плуг при пахании встречает отдельные, рассеянные в почве обломки скал, то лемех немного приподнимает камень; при следующем пахании повторяется то же самое, и таким образом камень медленно поднимается вверх, препятствует, при обработке почвы и, наконец, будет совершенно вырыт. Крестьяне принимают это явление за «рост» полевых камней (ср. рис. 8).

На очень крутых склонах покров из продуктов выветривания обычно еле держится. Тяжесть действует на рыхлую землю и приводит ее в движение, направленное книзу. Это скольжение осыпи может происходить довольно быстро, особенно, если этому помогают сотрясения почвы или сильные ливни. Мы говорим тогда о горных оползнях и оплывинах или о горных обвалах.

Обычно, однако, покров из продуктов выветривания сползает по горным склонам так медленно, что мы едва замечаем его движение. Если на нем растут

деревья, движущиеся вместе с ним в сторону долины, то стволы их наклоняются, а так как по законам роста они стремятся к вертикальному положению, то образуются те странно искривленные стволы, которые мы часто встречаем на склонах гор, покрытых лесом (рис. 3).

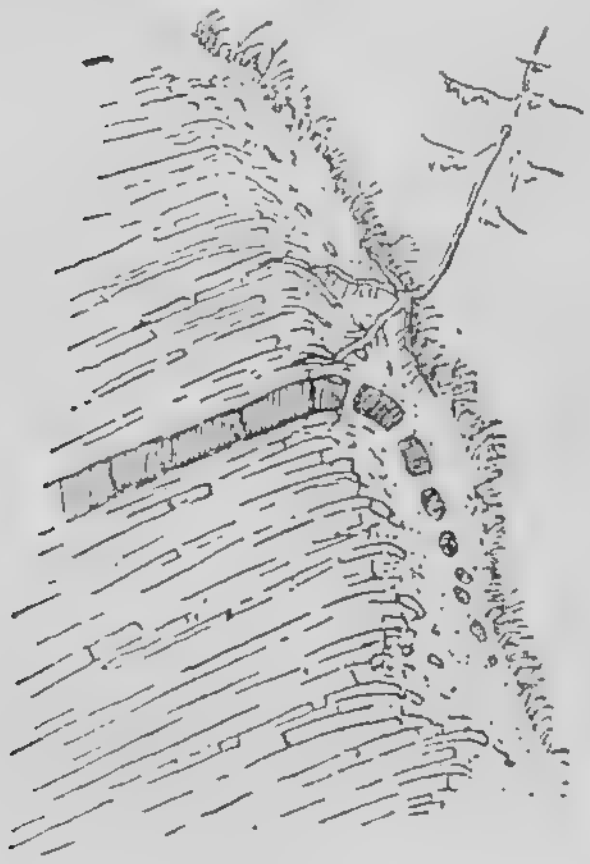


Рис. 3.
Сползание осыпи по поверхности круто падающих слоев. Более твердый слой (заштрихован) на дальнейшем пути распадается на куски, образующие направленный вниз хвост.

Сползание покрова выветривания играет некоторую роль и в гражданской жизни; иногда пограничные камни сползают с покровом вниз или, как в некоторых альпийских долинах, целые пахотные участки в течение немногих десятилетий изменяют свое положение.

Особенно ясно можно заметить сползание щебневой осыпи из того, что концы круто падающих слоев загнуты под щебнем вниз (рис. 3) и выветрившиеся обломки определенной породы сползают по склону гораздо дальше нижней границы распространения самой породы.

Спускающиеся вниз по горе камни сначала имеют еще острые края и обнаруживают на поверхности свежие следы излома, затем края и углы их стираются, цвет меняется и у подножия горного склона они в общем гораздо мельче.

Благодаря процессам выветривания, содержащиеся в известковых породах окаменелости мало-по-малу выделяются, и обыкновенно большинство окаменелостей находят там, где старый щебневой покров долгое время подвергался выветриванию под слоем почвы.

Так как сила выветривания распространяется в глубину особенно по трещинам пород, то разбитые трещинами скалы постепенно распадаются на целое море огромных каменных глыб, которые на незнакомого с такими явлениями могут производить впечатление, будто они навалены руками гигантов. Но уже Гёте доказал на примере знаменитого Лунзенбурга около Вунзиделя, что такие моря обломков и россыпи, как показывают рис. 5, 6 и 7, представляют остатки горных масс, которые некогда находились выше, но, вследствие медленного выветривания, распались на отдельные скалистые группы. На крутых склонах округлые обломки, как показывает базальтовое поле (рис. 4), скатываются постоянно вниз с горы; но скопления глыб на вершинах Фихтеля, Гарца или Шварцвальда с незапамятных времен едва изменили свое положение.

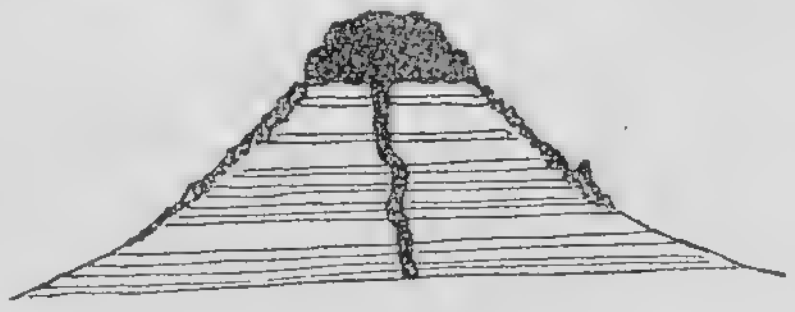


Рис. 4.

Разрез через базальтовый купол. По круглому, имеющему вид грибного пенька каналу проник вверх через слоистые породы базальт (черный): твердая вулканическая порода сначала защищала холм от сноса. Но так как она сама мало-помалу выветривалась, то базальтовые куски скатывались по склону вниз и скрыли нижнюю границу базальта.

Сравнивая невыветрившуюся породу с происшедшим из нее вследствие выветривания щебнем, можно

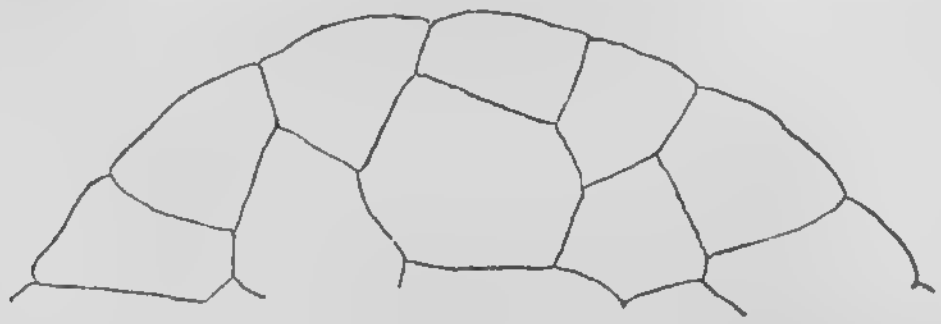


Рис. 5.
Разбитый трещинами гранитный холм, над которым начало работать выветривание.

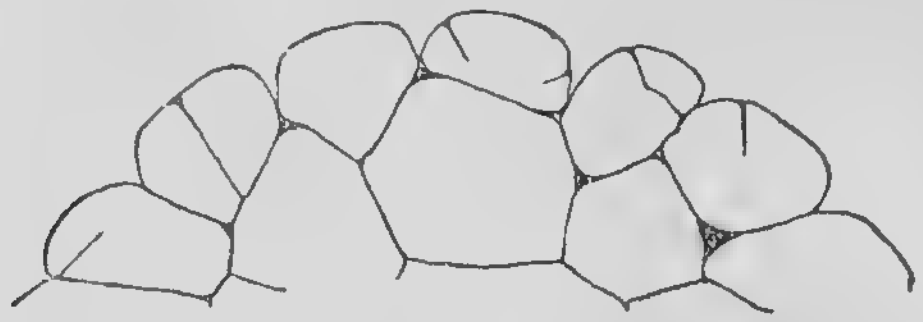


Рис. 6.
Трещины гранита расширены выветриванием. Края и углы округлены; в породу проникают новые трещины, между округленными глыбами образуются пустоты (черные места).

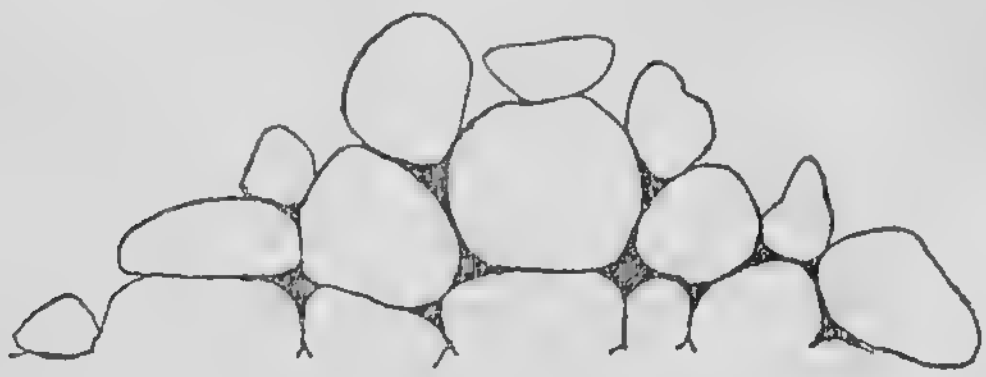


Рис. 7.
Вследствие продолжительного выветривания гранитная вершина распалась на кучу округлых глыб.

убедиться, что растворимые в воде составные части первой отчасти или вполне удалены из второго.

Если около шахты соляных копей будет насыпана добытая из глубины соленосная глина, то через не-

сколько дождливых дней останется одна глина, а вся содержавшаяся раньше соль исчезнет. Точно так же все растворимые в воде составные части выветривающихся скал попадают в воду ручьев и рек, и уносятся ими в море, так что, если определить химические составные части какой-либо речной воды, то можно узнать, какие вещества были вымыты из

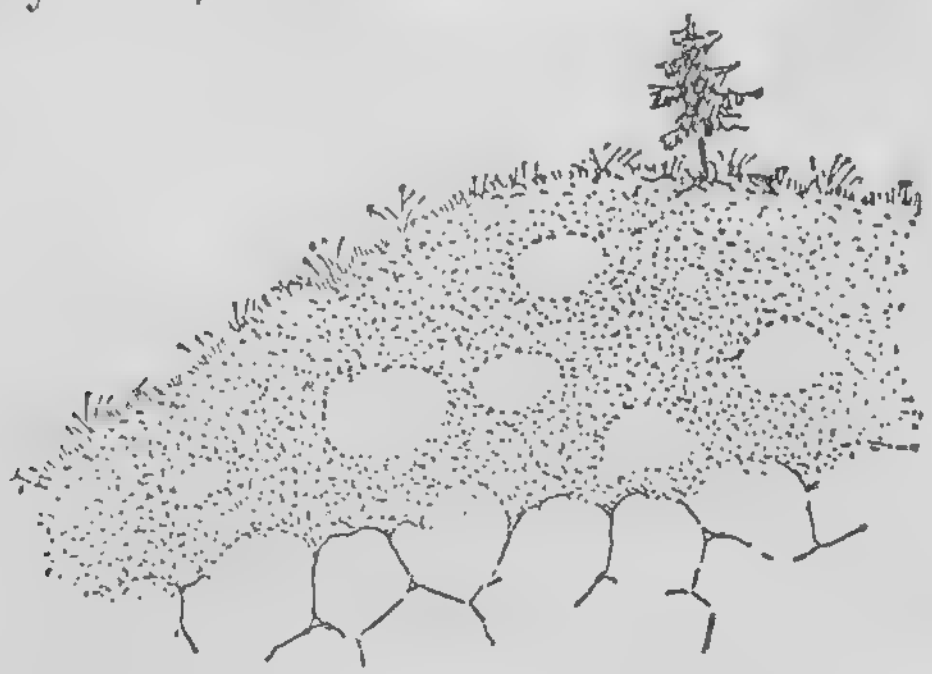


Рис. 8.
Если густой растительный покров защищает выветрившийся гранитный песок, то последний остается на месте, и тогда в разрезах мы видим среди рыхлого песка более твердые ядра в форме валунов.

выветривающихся пород речного бассейна и унесены в виде раствора. Таким путем текучие воды в течение веков уносят в моря громадные массы горных пород в виде растворов.

Есть однако и другие силы, которые могут поднимать и далеко переносить нерастворимые продукты выветривания, щебень скал и почву. Первой из этих сил является ветер. Его действие (дефляция = развевание) тем сильнее, чем суше и беднее страна растительностью. Под защитой леса,

дерна и водной поверхности даже самая рыхлая почва не захватывается ветром. Но на голых скалах, на только что вспаханной пашне, на дорогах мы можем проследить в малом масштабе переносную деятельность ветра, которая играет громадную роль в современных пустынях.

Зимой мы можем видеть, что большие пространства, покрытые снегом, окрашены темной пылью, которую ветер поднял с соседних полей. Не было бы надобности часто мостить наши шоссе свежим щебнем, если бы большая часть растертой колесами экипажей каменной пыли не уносилась ветром. Значения ветра для образования песчаных дюн на берегу моря мы коснемся в одной из следующих глав.

Страшная сила ветра пустыни (самум), способного поднимать громадные массы песку и пыли, даже небольшие камешки и уносить все это на далекие расстояния, сказывается по временам даже в наших странах. Наблюдалось неоднократно, что громадное облако пыли проносилось над южной Европой и его можно было проследить до областей, прилегающих к Балтийскому морю. Целыми днями горизонт был как бы покрыт дымкой, а выпадавший дождь или снег оставлял желтовато-красные пятна (кровяной дождь) (см. доп. 6).

В то время как ветер может переносить только легкий материал, текучая вода является средством переноса несравненно большей силы (эрозия = размывание). Каждый дождливый день дает возможность изучать размывающую и переносную

способность воды. После того, как пролился ливень и вода напитала сухую почву, всюду собираются мелкие ручейки, которые пользуются всеми неровностями почвы, сливаются в большие потоки и становятся способными нести и катить рыхлую почву, песок и камни (см. доп. 7). Чем легче и мельче выветрившийся материал, тем меньшие количества воды могут перенести его и тем дальше уносит его, наконец, поток.

На склоне горы лежит несортированный покров из продуктов выветривания, представляющий смесь мелких и круп-

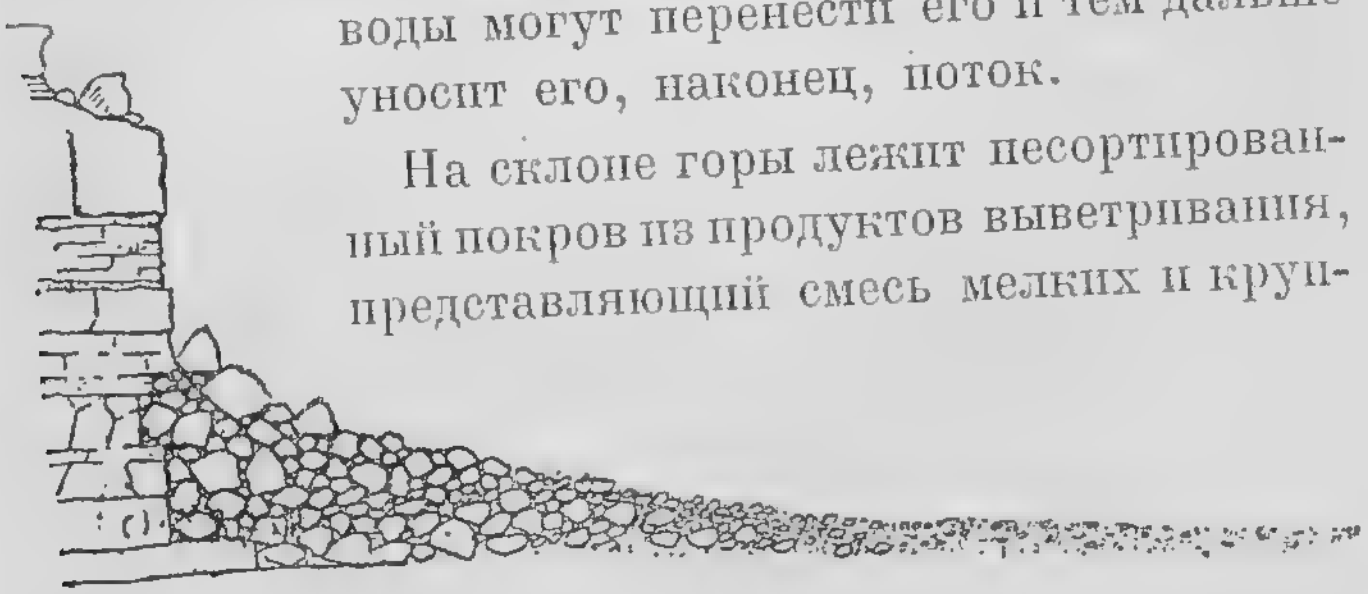


Рис. 9.

На крутом склоне скалы из обрушивающихся продуктов выветривания образовался насыпной конус, части которого перенесены водой, при чем обломки округлились и стали мельче, так что в конце-концов (вправо) образовался песок с примесью камешков.

ных обломков. Его подхватывает вода и разделяет на различные по величине составные части. Крупные камни остаются, мелкие переносятся дальше на несколько метров, песок и глину вода уносит в долины рек (рис. 9).

На этом пути угловатые обломки постоянно сталкиваются, вращаются и перекатываются по дну; от взаимного трения камни все более теряют свои углы и ребра и из щебня с острыми ребрами получаются круглые гальки и валуны. Действие текучей

воды можно сравнить таким образом с работой токарного станка, посредством которого угловатый каменный куб превращается в шар. Наблюдая округление и сглаживание первоначально угловатых продуктов выветривания, мы можем сделать вывод о продолжительности и силе переноса водой.

Галыки в ручье или русле реки сглаживаются довольно равномерно, пока все камни состоят из одной и той же породы. Если же переносятся камни различной твердости, то более мягкие стираются скорее, и в конце длинного пути остаются только более твердые. Мы можем проследить этот процесс почти во всякой реке, если сравним в различных пунктах ее течения среднюю величину и число различных сортов галек.

Собираясь в ручьях и реках, «мягкая» дождевая вода может раз'едать и даже совершенно растворять известняки, так что они, если только попадают в реку в небольшом числе, скоро исчезают из состава галек.

Так как вода испытывает трение о берега и дно, то тут скорость течения ее замедляется и при прямолинейном направлении вода всего сильнее течет посредине реки (стрежень). Если же русло реки извивается, то линия наибольшей скорости (рис. 41), как это можно показать, бросив в воду какой-нибудь поплавок, отклоняется в изгибах к вогнутому берегу. Измеренная тут максимальная скорость процентов на 18—20 больше средней скорости воды в реке. Большая скорость обусловливает большую силу толчков воды, и потому тяжелые галыки глав-

ным образом переносятся в наиболее глубоких частях русла реки, где течение всего сильнее (см. рис. 25).

Если река несется по скалистому дну, то, благодаря встречаемому сопротивлению, в ней образуются небольшие водовороты, которые крутят принесенный песок и вызывают тем все большие углубления на дне. Если в половодье в такую яму попадут гальки, то они буравят дно все на большую глубину, и образуются «котлы» (рис. 10). Более крупные котлы на дне водопадов и на краях ледниковых трещин, со-

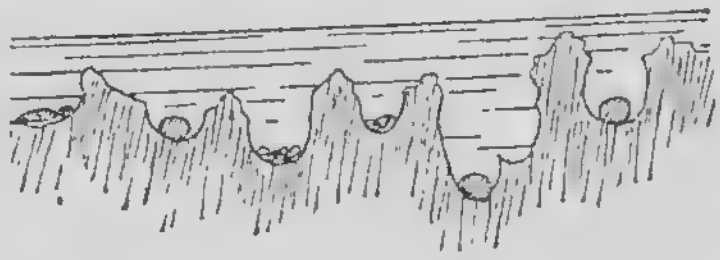


Рис. 10.
Котлы на скалистом дне реки, выдолбленные песком и гальками.

зданные низвергающимися ручьями талой воды, называются «исполинскими котлами».

Когда река выходит из берегов, то на залитой поверхности отлагаются только песок и ил, если только камни не будут занесены туда плавающим льдом или древесными корнями.

Если в первоначальных продуктах выветривания были заключены особенно тяжелые или твердые минералы, как зерна золота в кварцитах Урала или алмазы, рубины и сапфиры в некоторых породах Индии, то эти составные части выветрившихся горных пород остаются на месте, в то время как все более мягкое и легкое бывает унесено водой. Если даже в каменной глыбе величиною с дом первона-

чально было только одно зерно золота, то вследствие постоянного передвижения речной воды, могло унестись так много облекающей золото и камни породы, что оставшийся песок соответственно обогатился зернами их. Такие речные пески, ставшие вследствие продолжительного выветривания и промывания пригодными для разработки, называют россыпями.

В ручьях и реках собирается не только стекающая по поверхности дождевая вода, но и вода, выходящая из трещин пород в виде источников. Поэтому затронутые здесь явления мы рассмотрим потом подробнее, когда будем говорить о геологии ключей.

Есть и третья сила, которая уносит далеко продукты выветривания, но работу ее можно проследить только на высоких горах и в полярных странах. Это — движущийся лед глетчеров (ледников). Если мы ранней весной обратим внимание на остатки больших снежных сугробов, то увидим, что в течение зимы со снегом произошли своеобразные изменения. Из рыхлых снеговых хлопьев образовалось зернистое, как сахар, вещество, совершенно непохожее на свежe выпавший снег. Но теплое весеннее солнце растопляет эти остатки снега, и мы не можем проследить их дальнейшую судьбу.

Иное — на высоких горах, где выше определенной границы, называемой снеговой линией, не успевает растаять летом весь выпавший зимой снег (см. доп. 8). В котловинах высоких гор этот зернистый фирновый снег скопляется все более, и мало-по-малу образуются фирновые поля, достигающие мощности в несколько сот метров. Вес этой

массы достаточен для того, чтобы глубокие ее слои превратились в голубой лед, и это давление обусловливает вытекание из фирнового поля медленно движущегося потока льда. Лед глетчеров[1]), как и гренландских ледниковых полей (внутренний ледниковый покров), представляет поэтому вовсе не замерзшую дождевую воду, а сдавленный снег.

Лед обладает тем замечательным свойством, что при сильном давлении становится мягким и превращается в воду, а при натяжении разрывается. Под давлением со стороны фирнового поля ледник течет (1—2 м. в день) вниз по долине. Он достиг бы самой глубокой долины, если бы не попадал при этом в более теплые зоны и не подвергался бы таянию. Место, где оканчивается так называемый ледниковый язык, соответствует таким образом границе, где льда тает ровно столько, сколько притекает вследствие движения ледника. Так как приток ледникового льда и таяние ледникового языка обусловливаются совершенно различными причинами, то нижняя граница большинства ледников подвержена постоянным колебаниям.

Щебень, по которому течет ледник, и все глыбы и камни, которые откалываются выветриванием по краям долины ледника, разумеется, попадают в лед или на его поверхность и переносятся ледником настолько, насколько спускается он сам.

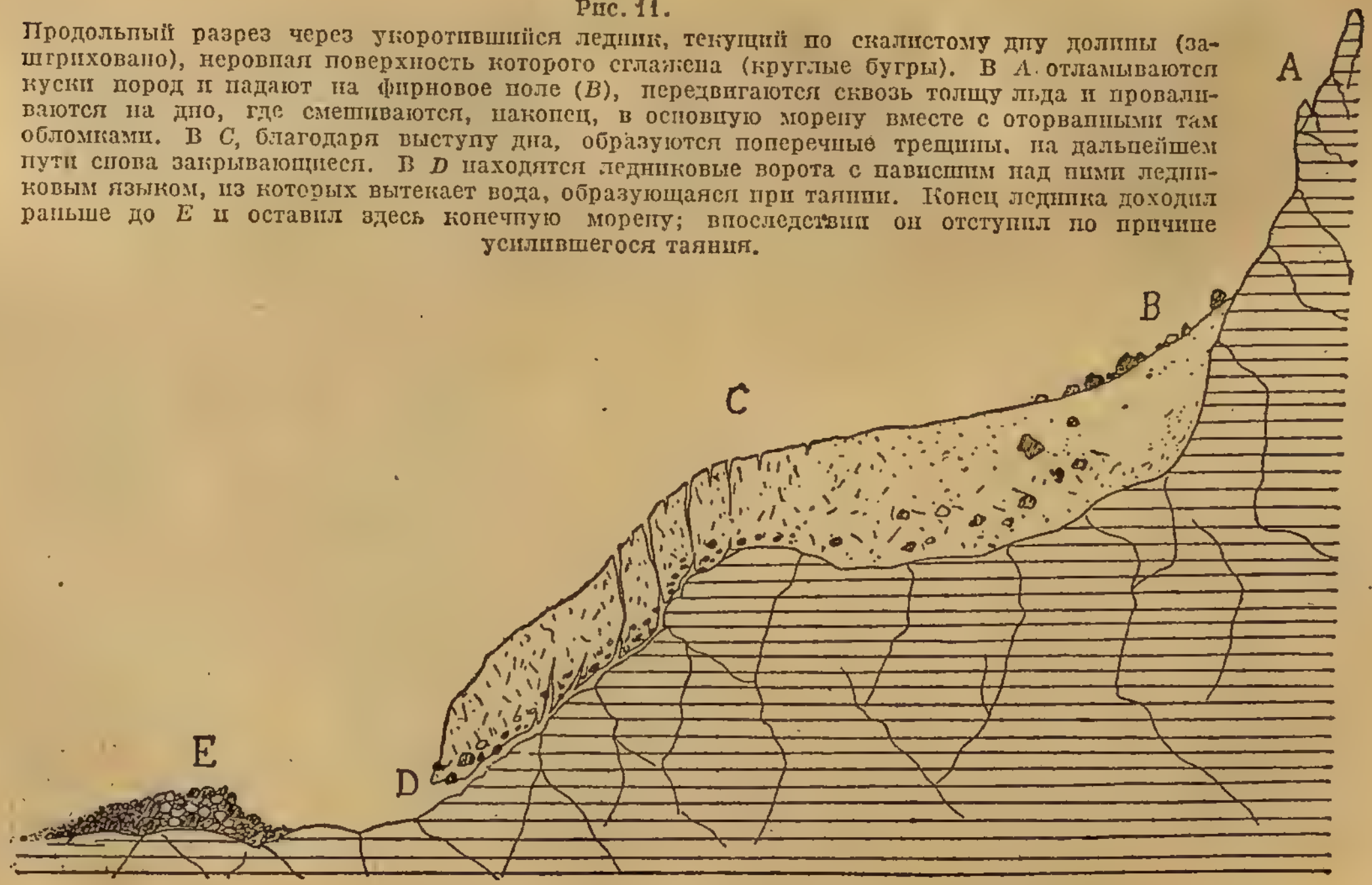
Многие из этих обломков округляются во льду, шлифуются и покрываются бороздами; то же самое

---

[1]) От немецкого слова Gleiten (скользить), glitschig (скользкий).

Рис. 11.

Продольный разрез через укоротившийся ледник, текущий по скалистому дну долины (заштриховано), неровная поверхность которого сглажена (круглые бугры). В *A* отламываются куски пород и падают на фирновое поле (*B*), передвигаются сквозь толщу льда и проваливаются на дно, где смешиваются, наконец, в основную морену вместе с оторванными там обломками. В *C*, благодаря выступу дна, образуются поперечные трещины, на дальнейшем пути снова закрывающиеся. В *D* находятся ледниковые ворота с нависшим над ними ледниковым языком, из которых вытекает вода, образующаяся при таянии. Конец ледника доходил раньше до *E* и оставил здесь конечную морену; впоследствии он отступил по причине усилившегося таяния.



происходит и со скалистым ложем, по которому движется ледник. Эта, так называемая, ледниковая шлифовка (т.-е. шлифовка с бороздами) дает нам в руки средство для точного определения прежнего распространения теперь исчезнувших ледниковых масс (рис. 11 и 12).

Рис. 12.

Поперечный разрез через ледник, текущий по скалистой (заштриховано) долине и округливший ее неровные бока. Лед пронизывают трещины: края ледника покрыты валунами моренного щебня; большой валун образовал ледниковый стол; крупные и мелкие валуны вместе с песком в виде придонной морены пронизывают нижнюю часть ледника, на дне которого собирается стекающая по трещинам талая вода.

Когда во время так называемого ледникового периода Ронский ледник доходил до Золотурна, а ледник Изара — до Мюнхена, когда скандинавский ледниковый покров проникал на юг до подошвы Тюрингского леса, тогда вся область, пройденная льдом, покрылась громадными массами продуктов истирания ледников. Шведские камни заходили за Саксонию, а финляндские до Волынской губернии. Вся северогерманская низменность и большая часть

русской равнины были засыпаны скандинавско-финскими продуктами выветривания. Хотя много было снесено позднее текучими водами, но все-таки многие эрратические валуны[1]) остались свидетелями бывшего передвижения льда (см. доп. 11).

Вследствие того, что перечисленные силы: ветер, вода и лед, сносят с гор громадные массы продуктов выветривания, они образуют этим более или менее значительные ложбины, которые мы называем ущельями и долинами и между которыми возвышаются горы и горные цепи. Все эти столь важные для характера ландшафта образования земной коры обусловлены действием выветривания и сноса разнообразных по составу пород.

Задачи.

24) Прикрепи горизонтально осенью на каменистом склоне горы, покрытом редким кустарником, к ветке проволоку метров в 10 длиной, в 10 сант. над почвой и обозначь краской (чернила, масляная краска) камни, лежащие под этой намеченной линией. Ближайшей весной, после того как растает снег, определи расстояние, на которое удалились от проволоки отмеченные камни.

25) Определи границу, до которой скатились вниз обломки характерной породы, обнаженной на склоне горы. При изменении угла наклона граница эта меняется. Громадные кучи таких обломков пород свидетельствуют, если местность сильно неровная, о бывшем раньше обвале горы.

26) Сравни среднюю величину обломков пород по направлению их переноса книзу.

27) Определи массу пыли, поднятой ветром и нанесенной на снеговую поверхность, растворив 1 литр снега и взвесив массу

[1]) Errare — бродить, плутать.

пыли, осевшей на дно после отстаивания воды. Покрытую пылью снеговую поверхность следует измерить в кв. метр., толщину окрашенного снега в нескольких местах в сантиметрах и перемножить полученные при этом средние величины.

28) Если атмосфера при сухом южном ветре непрозрачна и окрашена в желтоватый цвет, то выставь на ветер на несколько часов фарфоровое блюдце, обмазанное глицерином. Тогда можно собрать, обмыв блюдце дестиллированной и профильтрованной водой, приставшую к блюдцу пыль и определить ее вес, испарив воду.

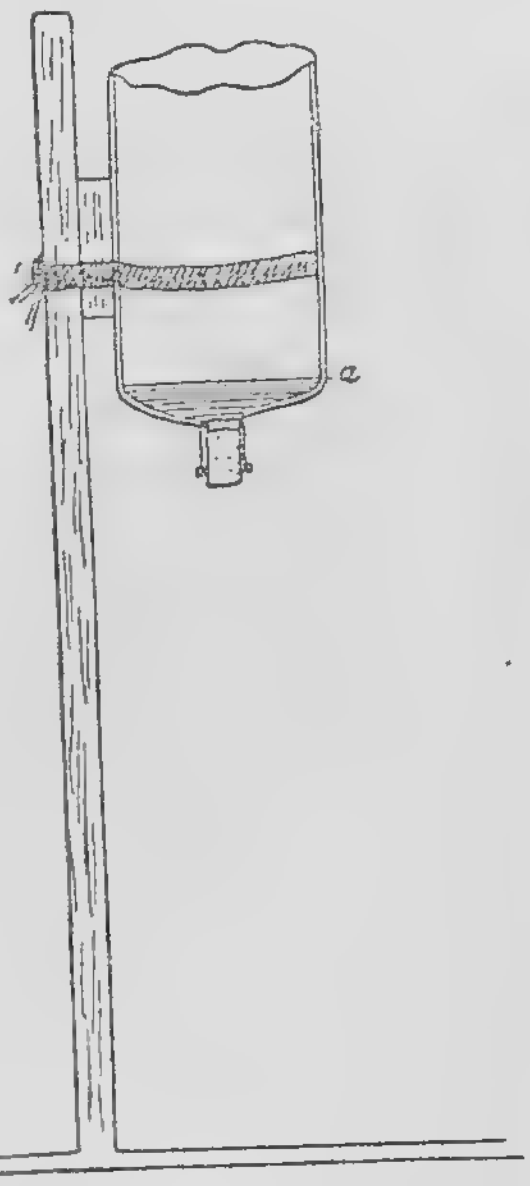


Рис. 13.
Дождемер, сделанный из врытого в землю шеста и из привязанной к нему бутылки со сбитым дном. Воронкообразная часть перед дождем должна быть наполнена до метки (*a*) водой. Этот же прибор пригоден для определения величины испарения.

29) Собери гальки в верхнем, среднем и нижнем течении реки; найди места, где находятся соответствующие породы. Сравни численность, изнашивание, величину галек в различных участках реки.

30) Определи положение стрежня в реке с извилистым течением, бросив в нее рубленую солому или листья и проследив путь этих плавающих тел вниз по течению.

31) Определи количество дождя, выпавшего во время сильной грозы, выставив вдали от зданий и деревьев широкий сосуд (рис. 13) с вертикальными стенками и измерив высоту выпавшего слоя воды. Потом вычисли по карте поверхность орошенной дождем маленькой долины = F; помножь ее на высоту слоя воды h; тогда получишь массу выпавшего дождя = R для долины, орошенной дождем.

32) Определи теперь, какое количество воды = W стекает из ручья, когда он начинает мутиться. Для этого следует измерить поперечный разрез ручья = B и среднюю скорость воды = G. Поперечный разрез определяют при помощи шеста, приставляемого вертикально до дна к натянутому над водой шнуру, имеющему на расстоянии 10 сантиметр. узлы. Среднюю величину умножь на ширину ручья. G определяют, отметив на берегу ручья длину в 10 метр. и измерив секундными часами время (= T), которое употребляет плывущая пробка или кусок дерева на прохождение этого пути. $^4/_5$ полученной таким образом наибольшей скорости соответствует средней скорости G в поперечном разрезе потока. $\frac{B.G}{T}$ соответствует количеству воды W, протекающему в 1 сек. Таким образом можно определить количество воды в 1 мин., 1 час и во все время, пока русло ручья заполняла мутная дождевая вода.

33) Выпари 1 литр мутной воды и взвесь количество оставшегося сухого ила = S. Вычисли затем массу ила которую унесло водой реки.

34) Если до дождя массу воды в ручье определить = w, то по формуле $R - W = w$ можно вычислить, какая масса воды уходит в почву в бассейне реки.

35) Глубину большой реки определяют при помощи отвеса. К линю (плетеной, не крученой веревке) на расстоянии $^1/_2$ м. или 1 м. привязывают шнурочки со столькими узлами, сколько содержится $^1/_2$ м. или целых 1 м. Или линь сшивают из черных и белых полосок в 1 м. дл., а на конце его прикрепляют холщевой мешок, который, будучи наполнен песком или камнями, может заменить железную гирю. С перетянутой через реку веревки, имеющей узлы на равных расстояниях (или с моста), опускают линь с грузом до дна реки и отмечают глубину. В случае если русло реки не особенно неровно, то можно рассматривать поперечный разрез как прямоугольник, в противном случае — как трапецию или многоугольник. Повтори измерение в нескольких местах.

36) Измерь поперечник зерен снега в старых сугробах и сравни со свеже-выпавшим снегом.

37) Положи концы бруска изо льда длиной сант. в 50, вырезанного так, чтобы толщина везде была одинакова, или большую прямоугольную дощечку из льда, концами на два камня и наблюдай, как спустя день лед начнет прогибаться.

38) Повесь на короткий кусок льда груз при помощи проволоки, огибающей брусок. Последняя будет проникать через лед благодаря собственному давлению, при чем лед не ломается.

39) Укрепи горизонтально на одном конце подобный брусок и привесь к другому свободному концу маленькую чашку от весов. Если класть на нее груз, то можно определить, какова должна быть сила, чтобы довести лед до разлома.

5. Горные породы.

На обнажениях мы часто видим несколько горных пород рядом или одна на другой, и отличаем их по цвету и твердости. Но для определения породы цвет и твердость существенной роли не играют. Для этого мы должны исследовать строение породы.

С помощью молотка мы получаем свежую поверхность излома, рассматриваем ее простым глазом или через лупу и стараемся выяснить, состоит ли порода из однородных частичек.

Многие породы, даже при рассматривании в лупу представляющиеся простыми, при микроскопическом исследовании оказываются состоящими из различных видов минералов. Для такого исследования отбивают плоскую пластинку породы, приклеивают ее разогретым канадским бальзамом к маленькому стеклышку и гладко отшлифовывают ее поверхность на шлифовальном камне или на шероховатой железной

дощечке с помощью наждака. Потом шлиф путем нагревания бальзама отделяется и приклеивается отшлифованной поверхностью к стеклу, (при этом надо избегать пузырьков воздуха). Тогда шероховатую поверхность можно еще шлифовать до тех пор, пока толщина пластинки не получится в 0,1—0,02 mm.

К очищенной поверхности приклеивается очень тонкий кружочек стекла (покровное стекло) и тонкий шлиф готов для исследования под микроскопом.

Смотря по величине зерен мы отличаем породы:

Крупнозернистые — частицы свыше 2 мм.
Среднезернистые » от 1—2 »
Мелкозернистые » 0,2—1 »
Скрытнозернистые — частицы простым глазом не видны.
Порфировые — из тонкозернистой массы выделяются крупные кристаллы.
Стекловидные — частицы состоят из однородного или богатого пустотами стекла (в котором рассеяны большею частью микроскопически малые кристаллы).

Далее мы исследуем, однородны ли частички или разнородны, и на основании этого отличаем породы простые и сложные.

Наконец, мы принимаем во внимание очертания отдельных частиц. Они представляют либо отдельные кристаллы, либо группы кристаллов (рис. 14), которые соприкасаются одни с другими поверхностями роста, сцепляются зубцами, охватывают друг друга; иногда между кристаллами находятся еще остатки вулканического стекла (см. дальше). Такие породы мы называем кристаллическими. В других

случаях камень состоит из обломков пород (рис. 15 и 16), минералов или органических остатков, сцементированных между собою связующим веществом; та-

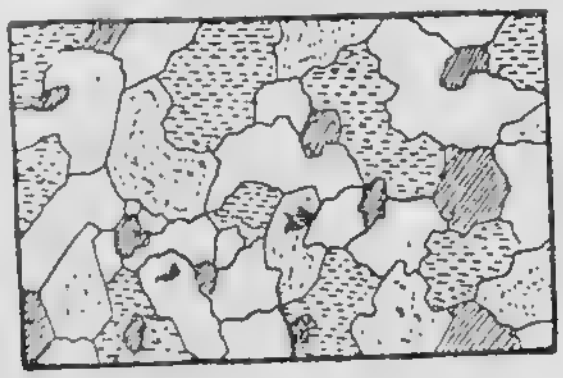


Рис. 14.
Строение зернистой полнокристаллической породы из четырех различных минералов, соприкасающихся поверхностями роста кристаллов.

кие породы мы называем обломочными или кластическими.

Третья группа пород, имеющих различный вид, но большей частью встречающихся вместе, пред-

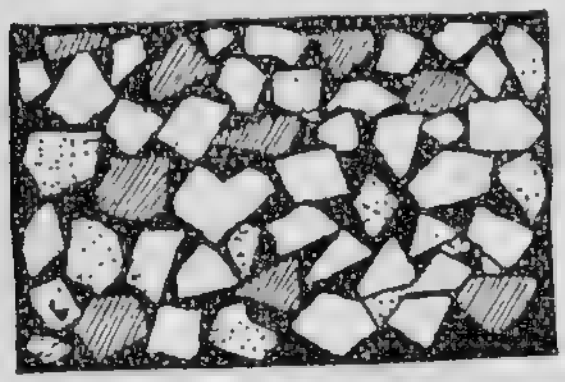


Рис. 15.
Строение брекчии, состоящей из сцементированных угловатых обломков, или (микроскопический вид) песчаника, построенного из угловатых песчаных зерен.

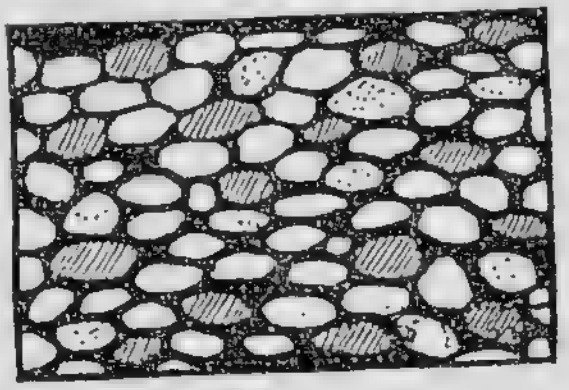


Рис. 16.
Строение конгломерата из округленных обломков, или (микроскопический вид) строение песчаника из округленных песчаных зерен с большим количеством цемента.

ставляет замечательное соединение слоистости и неслоистости, кластического и кристаллического строения. Их составные части обыкновенно расположены коротковолнистыми (струйчатыми) рядами.

Мы называем их кристаллическими сланцами (раньше их называли первозданные — породы). Сравнительное изучение их строения и распространения привело к тому взгляду, что они произошли из других пород путем их превращения (метаморфизированы[1]) именно под высоким давлением и при высокой температуре).

После строения пород мы должны обратить внимание на отдельные составные части их. Точное определение какой-либо породы возможно только при помощи микроскопа, открывающего нам многие признаки, которые нельзя заметить даже при помощи лупы; но такое исследование предполагает наличность основательных химико-минералогических знаний. Поэтому мы не задаемся задачей научить начинающего самостоятельно определять любую породу. Приводимые ниже данные должны служить только к тому, чтобы любитель геологии мог найти и отличить бросающиеся в глаза признаки породы. Здесь будет обращено внимание только на породы, часто встречающиеся.

Кроме лупы мы пользуемся следующими пособиями: бутылочкой (со стеклянной пробкой, лучше всего так наз. капельницей) с разведенной соляной кислотой ($^1/_4$ соляной кислоты, $^3/_4$ дестиллированной воды), ногтем, ножом или напильником, куском огнива, куском стекла, компасом.

Из 1000 минералов, которые различает научная минералогия по формам кристаллов, оптическим

---

[1]) Meta morphe = другой вид.

свойствам и химическому составу, только около 40 видов встречаются как характерные составные части пород и из них приблизительно 27 могут быть определены простым глазом.

Мы приводим некоторые отличительные свойства и важнейшие химические составные части породообразующих минералов, прибавляя в скобках их химическую формулу и их кристаллическую систему:

1) Лед — прозрачен как вода, может существовать только при низких температурах. (H^2O; гексагональная).

2) Каменная соль — прозрачна, красноватая, белая, голубая; соленый вкус; легко колется на маленькие кубы, с трудом царапается ногтем. Составные части: хлор и натрий.

3) Сложные соли — прозрачны, желтые, красные, серые; во влажном воздухе большею частью расплываются. Составные части: хлор с калием, магнезия, серная кислота и др.

(Карналлит $MgCl^2 + KCl + 6H^2O$; ромбическая.)

(Каинит $MgSO^4 + KCl + 6H^2O$; моноклин.)

(Кизерит $MgSO^4 + H^2O$ моноклин.)

(Полигалит $2CaSO^4 + K^2SO^4 + MgSO^4 + 2H^2O$; ромбическ.)

(Сильвин KCl; правильная.)

4) Гипс — прозрачен или белый, серый, красный желтый, бурый; легко чертится ногтем, между зубами при растирании не хрустит; обломки образуют (под лупой) косоугольные (ромбические) плитки. Состав: водная сернокислая известь. ($CaSo^4 + H^2O$; моноклин.)

5) Ангидрит - белый, голубоватый; часто переходит в гипс; чертится с трудом ножом, легко — кремнем; раздробленный в порошок всегда дает под лупой маленькие кубики. Состав: сернокислая известь (без воды). ($CaSO^4$; ромбическ.)

6) Тяжелый шпат — белый, красноватый; чертится ножом; тяжел; раздробленный в порошок дает частью прямые, частью острые и тупые углы. Состав: сернокислый барий.

($BaSO^4$; ромбическ.)

7) Известковый шпат — прозрачен (исландский шпат) или белый, желтый, серый, красный; с разведенной холодной соляной кислотой сильно вскипает; легко чертится ножом, обломки спайности всегда косоугольные ромбоэдры. Состав: углекислая известь.

($CaCO^3$; гексагональная.)

8) Горький шпат (доломит) — серый, желтый; вскипает только с подогретой соляной кислотой; часто встречается вместе с известняком; ножом чертится с большим трудом, чем № 7. Составные части: углекислая известь и углекислая магнезия.

($CaCO^3 + MgCO^3$; гексагональная.)

9) Кварц — прозрачен (горный хрусталь) или белый, серый, желтый, бурый, красный; раковистый в изломе; жирный блеск; огнивом не чертится и его не чертит; о сталь дает искры. Состав: кремневая кислота.

(SiO^2; гексагональн.)

10) Калиевый полевой шпат (ортоклаз, санидин) — прозрачен, белый или светлый, редко темный;

красноватый, буро-желтый; поверхности излома с блеском стекла или перламутра; ножом не чертится; чертит оконное стекло; со сталью дает искры; плоскости спайности дают прямые, острые и тупые углы. Составные части: кремнекислый алюминий и кремнекислый кали.

(KO^2, Al^2O^3, $6\,SiO^2$; моноклин.)

11) Известково-натровый полевой шпат — белый, желтоватый, серый; поверхность излома часто полосата. Твердость такая, как у калиевого полевого шпата. Составные части: кремнекислый глинозем с известью и натром.

(Содержащий натр триклинический альбит в смеси с содержащим известь триклиническим анортитом дает известково-натровые полевые шпаты: олигоклаз, андезин и лабрадор).

12) Авгит — черен, с блеском стекла, порошок буровато-серый; стекло чертит мало или совсем не чертит его; колется с трудом почти по прямым углам. Составные части: кремнекислая магнезия с железом, известью, изредка также с кали, натром; легко выветривается.

([Ca, Mg, Fe] SiO^3 с глиноземом и окисью железа или без них; моноклин.)

13) Одна из разновидностей авгита называется диалагом — зеленый, зелено-серый, томпаково-бурый, на поверхностях излома с металлическо-перламутровым блеском.

(Хорошо колется по одному направлению.)

14) Роговая обманка — в отличие от авгита легко раскалывается на ромбические столбики с угла-

ми около 120° и 60°; порошок зеленоватый или бурый. Твердость и составные части: как авгит, с глиноземом или без него. (Моноклин.)

15) Слюда — отделяется тонкими гибкими пластинками; чертится ногтем, серебристо-белая, желтая (мусковит) или бурая, зеленая, черная (биотит). Составные части: кремнекислый глинозем с кали (мусковит) или с магнезией и железом (биотит).

(Моноклинические разновидности слюды имеют весьма разнообразный химический состав; различают железистую, магнезиальную; литиевую и натровую слюду.)

16) Оливин — оливково-зеленый, с масляным блеском; со сталью дает искры; чертит оконное стекло; выветривается ржаво-желтым, в изломе раковистый. Составные части: кремнекислая магнезия с кремнекислым железом. ($Mg^2SiO^1 + Fe^2SiO^1$; ромбич.)

17) Гранат — кроваво-красный до буро-красного, желто-зеленый до серо-зеленого; чертит кремень, но им не чертится. Составные части: кремнекислый глинозем с известью, железом, магнезией и др.

(Химический состав весьма разнообразен: смеси алюминиевых, известковых, железистых, хромовых и др. гранатов; правильная.)

18) Турмалин (шерл) — большею частью черный. Твердость как и у граната. Составные части: кремнекислый глинозем с борной кислотой, фтором, магнезией и др.

(Химический состав весьма разнообразен; гексагон.)

19) Циркон — красно-бурый или переходный цвет до коричневого. Твердость такая как у граната.

Составные части: кремнезем с окисью циркония. ($ZrO^2 + SiO^2$; квадратная.)

20) Серпентин — цвета змеиной кожи; желто-зеленый до темно-зеленого; чертится ножом. Составные части: кремнекислая магнезия с водой.

($Mg^3Si^2O^7 + 2H^2O$, плотный, иногда волокнистый или листоватый.)

21) Тальк — беловатый до желтого и зеленого; жирен наощупь (жировик); чертится ногтем. Составные части: как серпентин. ($H^2Mg^3Si^4O^{12}$.)

22) Хлорит — чешуйчатый; луково-зеленый, серо-зеленый; с жирным блеском; чертится ногтем. Составные части: кремнекислый глинозем, железо и магнезия с водой.

23) Железный колчедан (серный колчедан) — металлически-желтый; со сталью дает искры; часто кристаллизуется в кубах. Состав: сернистое железо.

(FeS^2; правильная.)

24) Магнитный железняк — черен; черта черная; в мелких октаэдрах; магнитен (притягивает стрелку компаса). Составные части: железо и кислород.

(Fe^3O^4; правильная.)

25) Красный железняк — черный или кроваво-красный, черта красная. Составные части: как магнитный железняк. (Fe^2O^3; железный блеск; гексагон.)

26) Бурый железняк — ржавого цвета или бурый, черта желтая. Составные части: железо, кислород и вода.

($H^6[Fe^2]^2O^9$.)

27) Железный шпат — серо-желтый, в кислоте растворяется с вскипанием и с зеленоватым цветом. Состав: углекислое железо. ($FeCO^3$; гексагональная.)

Как более редкие, часто заметные только под микроскопом минералы, в породах встречаются еще следующие: эпидот, цианит, энстатит, плавиковый шпат, гиперстен, лейцит, мелилит, нефелин, гаюин, титанит, топаз, апатит, глауконит и др.

К этим минералам, встречающимся в породах в виде хорошо развитых кристаллов, кристаллических групп или кристаллических масс, присоединяются еще следующие землистые или стекловатые породообразующие массы:

28) Угли — горючи. Составные части: углерод, кислород, водород и негорючие составные части — зола: с металлическим блеском графит; черный как железо — антрацит; черный как смола — каменный уголь; бурый — бурый уголь; землистый — торф.

29) Глина — белая (каолин), серая, желтая, красная, бурая; в сухом состоянии — твердая, во влажном — мягкая, в огне — обжигающаяся. Составные части: кремнекислый глинозем с водой.

30) Вулканическое стекло — черное, зеленое, красное, с блеском стекла, часто с рассеянными мелкими кристалликами; со сталью дает искру; большею частью чертит оконное стекло; плотное (цехштейн, обсидиан), пенистое (пемза) или распадающееся на мелкие кусочки (вулканический пепел). Составные части: различные смеси кремнекислоты с глиноземом, железом и другими элементами; богатые железом и при этом бедные кремневой кислотой (—50%)

стекла называются основными, бедные железом стекла и вместе с тем богатые кремнекислотой (—80%) называются кислыми.

Из названных минералов образуются следующие главные виды горных пород:

I. Обломочные породы.

а) *Неорганические:*

1) Брекчия — обломок пород с острыми краями, простая или сложная, сцементированная слабо или прочно (рис. 14). По большей части без окаменелостей, только случайно бывает богата костями.

2) Конгломерат (рис. 15) — округленные гальки, простой или сложной конструкции, сцементирован слабо или прочно. По большей части без окаменелостей или с округленными костями и частями растений. Сюда относится нагельфлюе и пуддинговый камень.

3) Песчаник — мелко- или крупнозернистый кварцевый песок (рис. 14 и 15) (в смеси с полевым шпатом и крупно-зернистый = аркоз), по большей части слоист, часто с диагональной слоистостью. Пестроокрашенные песчаники большей частью без окаменелостей; серые или зеленые часто богаты окаменелостями. Мягким или прочным цементом служит известь, глина, кремнекислота и проч.

Твердые конгломераты и песчаники более древних периодов называются граувакко й, в особенности если они содержат сланцы и полевые шпаты; плотные, хорошо сцементированные песчаники — кварцитом.

4) Глина — (продукт выветривания полевого шпата или пород, богатых полевым шпатом); плотная, сырая — вязка, сухая — прилипает к языку, слоистая или неслоистая порода, редко чистая (каолин, фарфоровая глина), большей частью смешанная с кварцевой пылью (суглинок), известковой и кварцевой пылью и тогда неслоистая (лесс), с известковым илом (мергель), углем (угольные глинистые сланцы), солью (солонец), квасцами (квасцовая глина); отвердевшая (глинистый сланец) часто богата окаменелостями.

Глинистые горные породы более древних периодов вследствие химико-физических процессов (метаморфозы) стали твердыми сланцеватыми и богатыми новообразованными кристаллами в виде иголок; они называются глинистыми сланцами.

5) Валунная глина — смесь угловатых, округленных, частью отполированных, а также покрытых царапинами кусков пород, крупных и мелких камней с обильным песчанисто-глинистым связующим веществом. Характерные отложения древних ледников и материкового ледникового покрова.

b) *Органические:*

6) Уголь — плотная смесь из частей прежних растений, бывает иногда богат песком или глиной, железным колчеданом и т. п. Слоистый располагается между слоями суглинка, глинистого сланца или песчаника, богатыми отпечатками растений и содержащими иногда остатки позвоночных, слизняков или насекомых.

7) Известняк; чистые известняки — плотные обломочные породы, образовавшиеся из раковин различных животных или из растительных выделений на дне моря, в солеповатой или пресной воде, часто потом прочно сцементированные, кристаллические, белые, желтые, серые, голубые, бурые, красные; иногда и с жилками, пестро окрашены, как мрамор; бывают слоисты (известковый сланец) или неслоисты (рифовый известняк); по большей части богаты окаменелостями. Путем метаморфозы могут становиться совершенно кристаллическими (мрамор).

Известняк в смеси с глиной = мергель (на воздухе рассыпается); известковые желваки в глинистой основной массе = икряной камень; известняк землистый, белый = мел.

8) Доломит, — тесно связан с известняком; большей частью образовался из него благодаря полному или частичному обогащению углекислой магнезией. Белый, серый, бурый. Песчанистый (зернистый доломит), плотный или ячеистый, шероховатый (раухвакка), пронизан дырами и пустотами, обыкновенно неслоист, без окаменелостей.

c) *Вулканические:*

9) Вулканический туф, — состоит из более или менее сцементированной массы вулканической пыли, пепла, лапилли, бомб или из смеси этих продуктов. Одноцветный или пестрый, неслоистый или слоистый, с горизонтальным или косым первоначальным наслоением, в чередовании с неорганическими или органическими обломочными породами, или с

вулканическими покровами; часто пронизан жилами и изменен вулканическими газами

II. Кристаллические породы.

А. Простые кристаллические породы образовались путем выделения из водных растворов; встречаются в виде слоев, полос или жил, по большей части без окаменелостей.

10) Каменная соль — на поверхности земли неустойчива; подземные массы слоисты или неслоисты, чисты или в смеси с гипсом, ангидритом и глиной, окружены глинистым водоупорным покровом (при повреждении его отложения соли растворяются, образуются соленые ручьи и провалы). Особенно распространена в верхнем цехштейне (богата солями калия), реже в верхнем пестром песчанике, среднем раковинном известняке и в отложениях третичной системы. Редко с остатками растений; остатки животных составляют также единичные находки.

11) Ангидрит — белый, серый, синеватый; по большей части сопровождает каменную соль, слоист или неслоист; при доступе воды вспучивается и превращается в гипс.

12) Гипс — белый, серый, красный; неслоист или слоист, часто также в виде жил (селенит), плотный мелко-кристалличный (алебастр). Большей частью без окаменелостей. Часто в смеси с глиной (гипсовый мергель).

13) Тяжелый шпат — плотен, легко колется, образует включения в трещинах, часто связан с

соединениями металлов, поэтому важный руководитель в металлургии.

14) Кварц — заполняет трещины, иногда содержит в себе золото.

15) Кремень и роговик — химическое выделение кремнекислоты (в виде желваков, конкреций жил) особенно в верхнем мелу. Роговик — в верхнем раковинном известняке.

16) Известковый натек — (капельник, сталактит, пресноводный известняк, ошибочно называемый «известковым туфом»), — землистый или звонкий, твердый; по большей части неправильно слоистое отложение источников или осадок высыхающих озер. Часто богат отпечатками листьев, наземными улитками, костями и следами деятельности первобытного человека (уголь, черепки, кремневые орудия).

17) К простым кристаллическим породам следует, наконец, причислить и лед, который в виде ледников заполняет долины в высоких горах, обволакивает ледяным покровом полярные страны и, отрываясь от последнего в виде ледяных плавучих гор, уносится далеко в океан, наконец, в виде морского льда покрывает большие пространства полярных морей и окаймляет их берега.

B. Сложные кристаллические породы.

а) *Осадочные породы.*

Залежи соли в верхнем цехштейне состоят из смеси различных солей, кристаллы которых срослись между собою. По преобладающей составной части различают главным образом следующие породы:

18) Ангидритгалит — ангидрит с каменной солью.

19) Сильвингалит — сильвин с каменной солью.

20) Карналлитовые породы — карналлит, каменная соль и кизерит.

21) Кизеритовые породы («твердые соли») — кизерит, каменная соль и сильвин.

22) Каинитовые породы — каинит и каменная соль.

b) *Плутонические породы* (глубинные породы).

Произошли под землей (плутонически) из огненно-жидкой стекловидной массы, в которой при очень медленном охлаждении образовались кристаллы, становившиеся все более крупными; при этом стекловидная масса обыкновенно лишалась стекла. Встречаются в виде штоков и жил, всегда без окаменелостей.

23) Гранит — беловато-серая, серая, красноватая, крупно-, средне- или тонкозернистая порода из калиевого полевого шпата, известково-натрового полевого шпата, кварца, темной или светлой слюды. Широко распространен в виде масс различной формы. Выветривается в песчанистый хрящ, после размыва которого водой остается море скал из округлых крупных обломков. Очень крупнозернистый жильный гранит называют пегматитом; тонкозернистый жильный гранит, бедный слюдой — аплитом.

24) Сиенит — буро-красная среднезернистая порода из калиевого шпата и роговой обманки с темной

слюдой и иногда авгитом; бескварцевая разновидность гранита, встречается в виде штоков и жил.

25) Диорит — зернистая порода из бедного известью полевого шпата с роговой обманкой, а также из авгита, слюды, кварца. Редко в виде штоков. Часто в виде жил посредине или вблизи штоков гранита, как, напр., темный лампрофир (или керсанит), тонкозернистая порода из полевого шпата, авгита, роговой обманки с сильно-блестящими, темными порфировидными кристаллами слюды и иногда кварца.

26) Габбро — крупнозернистая порода из богатого известью полевого шпата и диаллага, также оливина. Часто тесно связан с гранитом (Гарц, Силезия).

c) *Вулканические* (изверженные) *породы.*

Подобно плутоническим и вулканические породы образовались из огненно-жидкой стекловидной массы различного состава, но они охлаждались быстро на поверхности земли или вблизи нее и потому почти всегда содержат в себе остатки первоначальной стекловидной массы. Богатые пузырьками вулканические породы называют шлаковыми, а если полости пузырьков снова заполнились минеральными образованиями, — миндальным камнем.

27) Преимущественно из стекла состоят обсидиан и смоляной камень, равно как превратившаяся в пену пемза и разорванный на множество кусочков вулканический пепел (см. выше № 9 — вулканический туф).

Наоборот, бедны стеклом или совершенно лишены его:

28) Порфир — плотная (фельзит) или тонкозернистая, бедная железом порода, содержащая около 70% кремнекислоты, стекловидная, землистая, белая, желтая, бурая, зеленая, по большей части бурокрасная; в основной массе выделяются более крупные кристаллы кварца (кварцевый порфир), полевого шпата (полево-шпатовый порфир) и слюды (слюдистый порфир). В виде жил и покровов, в перемежающемся залегании с порфировым туфом, часто встречается в красном лежне (пермской формации).

29) Порфирит — плотная, более богатая железом порода, с примерным содержанием кремнекислоты в 60%, по большей части бурая, фиолетовая или темно-зеленая, с более крупными порфировидными кристаллами известково-натрового полевого шпата, авгита, слюды, изредка энстатита. Часто в виде жил и покровов в красном лежне, в перемежающемся залегании с порфиритовыми туфами.

30) Диабаз — порода от тонко- до среднезернистого строения, из известково-натрового полевого шпата и авгита, вместе с магнетитом, титанистым железняком, апатитом, реже с роговой обманкой и оливином. Кремневой кислоты около 50%. По большей части при выветривании становится зеленым (грюнштейн). Часто встречается в виде жил и покровов в девонских отложениях, реже в красном лежне. Шаро-видный (шаровой диабаз), шлаковый (диабазовый миндальный камень); часто связан с мощными диабазовыми туфами (зеленый камень).

31) Мелафир — (девон, пермская формация), более древняя, — базальт (третичный период) более молодая порода, черная, тонкозернистая, плотная, порфировидная или богатая пузырьками, с 40—58% кремневой кислоты; часто распадается на столбы, при выветривании становится большею частью буро-желтой; состоит из известково-натровых полевых шпатов (нефелина или лейцита) с авгитом, магнетитом, оливином и др. Часто связан с мощными туфами.

32) Фонолит (звучащий камень) — светло- или темно-серая, часто растрескивающаяся на плитки, звонкая порода, плотная или тонкозернистая, с 55—62% кремневой кислоты; состоит из санидина, нефелина, авгита, лейцита с гаюином и магнетитом, связанная по переходу и пространственно с базальтом; фонолитовые туфы редки.

33) Трахит — по большей части светло-серой окраски, шероховат на ощупь, с 58—65% кремневой кислоты; иногда встречается вместе с базальтом. Состоит из полевого шпата (санидина), слюды, роговой обманки.

III. Кристаллические сланцы (так назыв. первозданные породы, сланцеватые или жилковатые, часто в виде линз или штоков, без окаменелостей).

По новому исследованию произошли из обоих предыдущих групп вследствие последующего изменения (метаморфизма) в горячих частях земной коры.

a) *Простые* (часто в виде прослойков между b).

34) Роговообманковый сланец — тонкозернистые темно-зеленые или черные сланцеватые слои из роговой обманки с кварцем.

35) Гранатовая порода — буро-красные линзы из плотно сросшихся кристаллов граната.

36) Серпентин — плотно или тонкозернистый, в изломе с слабым блеском, зеленый, с прожилками и пятнами.

37) Тальковый сланец — мягкие зеленоватые слои из тальковых чешуек с кварцем.

38) Хлоритовый сланец — чешуйчатая луково-зеленая хлоритовая порода, часто богатая другими минералами.

39) Магнитный железняк — мощные линзы черного магнитного железняка; встречается на Урале и в Скандинавии.

40) Первозданный известняк — линзы и пласты кристаллического известняка (мрамора); часто богат включениями других минералов.

b) *Сложные.*

41) Гнейс — сланцеватый, полосатый или жилковатый, мелко или- крупнозернистая порода из полевого шпата, кварца, слюды, а также роговой обманки, эпидота, авгита, диаллага, граната; вместе с гранитом образует самые глубоколежащие породы земной коры.

42) Слюдистый сланец — тонко-сланцеватая блестящая как слюда порода, состоящая из перемежающихся слоев кристаллов кварца и пластинок

слюды, а также из турмалина, полевого шпата, роговой обманки, граната.

43) Гранулит — плотная или тонкозернистая, ровнослоистая смесь из кварца, граната, слюды, полевого шпата, турмалина и др.

44) Филлит — см. выше № 4.

45) Эклогит — от средне- до крупнозернистого, крайне твердого строения, из зеленого авгита с крас-

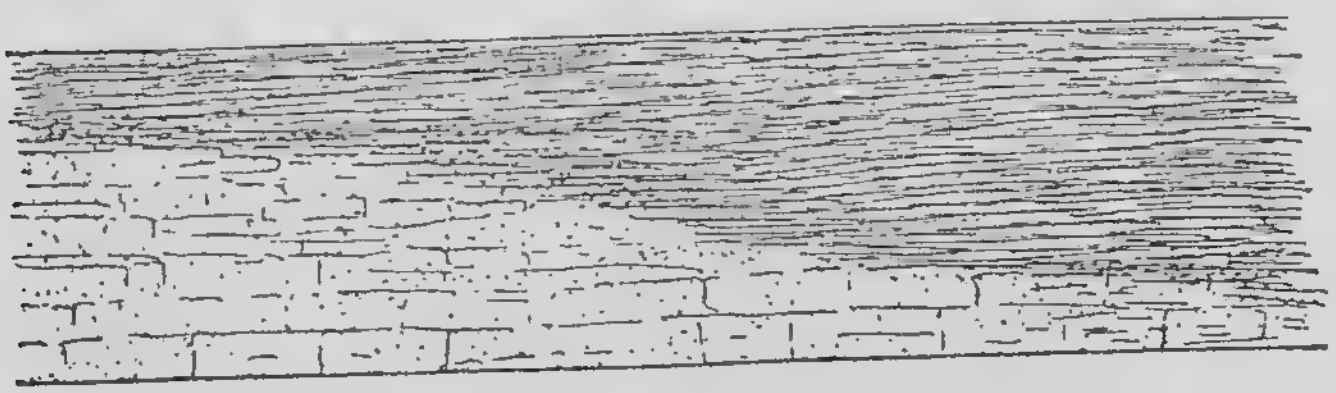


Рис. 17.

Смена фаций между левым, обозначенным пунктиром, отложением песчаника и правым — заштрихованным глинистым; оба отложения связаны одно с другим постепенными переходами и образовались одновременно

ным гранатом, равно как с роговой обманкой, слюдой, магнетитом, цирконом и др.

Породы различного состава, но одновременного происхождения, называют различными фациями (по-латыни facies — лицо, наружность), а их различия — фациальными. Редко можно наблюдать переходы фаций в одном и том же обнажении. На рис. 17 можно проследить, например, отложение песчаника, который переходит с одной стороны в глинистую породу.

В большинстве случаев различные фации одновременного образования могут быть точно указаны

только тщательным сравнением различных обнажений.

Задачи.

40) Составь таблицу свойств минералов: каменной соли, гипса, кальцита, кварца, полевого шпата, авгита, роговой обманки, слюды, магнитного железняка, бурого железняка, также угля, глины и стекла; затем важнейших пород: песчаника, глины, известняка, угля, гранита, порфира, базальта, мрамора, гнейса, слюдистого сланца, глинистого сланца, вулканического пепла.

41) Собирай все горные породы. Образцы их должны иметь со всех сторон свежие поверхности излома и быть по возможности одинаковых размеров. Каждый образец должен быть снабжен отдельной этикеткой, на которой следует отмечать место находки. Образцы кладут в низкую картонную коробочку. Такие коробочки можно поместить во всяком выдвижном ящике.

42) Постарайся собрать встречающиеся породообразующие минералы в виде возможно крупных, хорошо кристаллизованных образцов.

6. Трещины в горных породах.

Ознакомившись с составом и строением пород, обратимся к изучению обнаруживающихся в обнажениях щелей, трещин и плоскостей напластования, которые или отделяют породы различного состава, или же пронизывают однородные породы.

Прежде всего следует ясно представлять себе, что эти трещины, в редких случаях зияющие, чаще волосные, являются поперечными разрезами вытянутых в плоскости пустот, пронизывающих земную кору горизонтально, наклонно или вертикально. Изучение их имеет большое значение; оно показывает,

каким строением обладают отдельные породы, лежащие одна на другой или рядом, и дают нам важные указания на способ их происхождения.

Рассмотрим прежде всего плоскости напластования или трещины, отделяющие породы различного состава.

На незначительном обнажении мы часто не в состоянии обозреть ту или другую породу на всем ее простирании. Она тянется нередко на далекое пространство под продуктами выветривания и почвой,

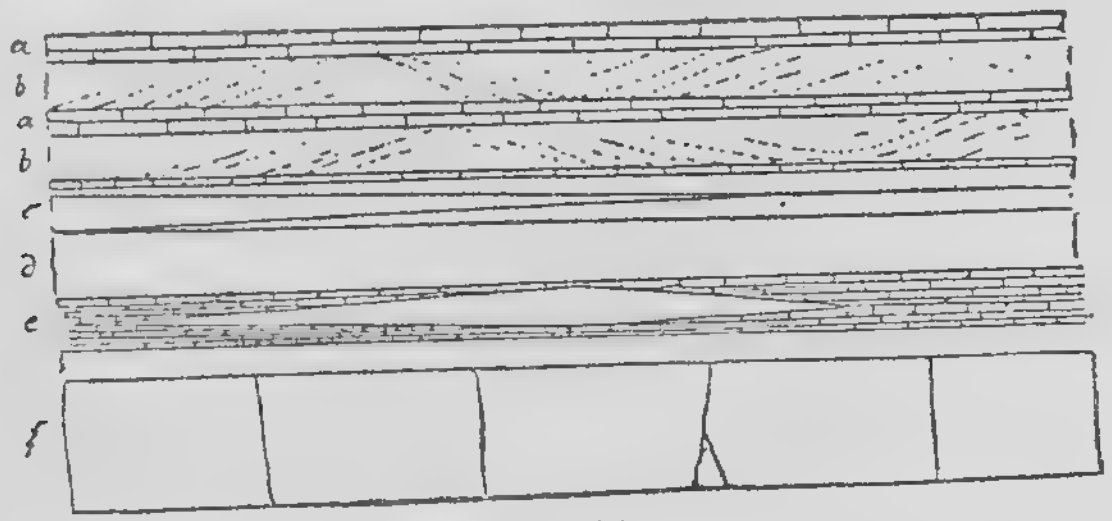


Рис. 18.

Различные виды слоистости: *a* — тонкослоистая, разделенная вертикальными короткими трещинами порода, переслаивающаяся (*b*) диагонально (косо) слоистым песчаником в виде мощных пластов, *c* — выклинивание, *e* — линза, *f* — толстый пласт, разбитый трещинами.

и мы видим тогда только такие трещины, которые рассеяны внутри однородной породы.

Однако часто наблюдаются на обнажении различные породы рядом или одна на другой и тогда можно проследить разделяющие их поверхности (рис. 18).

Простейший случай — это распадение породы на лежащие одна на другой плитки, которые, если они тонки, называются слоями или сланцем, если же

они толсты и резко ограничены сверху и снизу — пластами. Такая порода называется слоистой. Она часто содержит окаменелости и обыкновенно образовалась благодаря медленному осаждению из воды. Расстояние от верхней плоскости напластования какого-либо слоя до нижней мы называем мощностью; она в некоторых случаях равна всего 1 мм., часто же достигает многих метров.

Породу, расположенную над известным слоем, мы называем кровлей (висячим боком), следующую за ней в глубину — постелью (лежачим боком). Часто слои различных пород переслаиваются таким образом, что одна порода повторно сменяется другой; тогда говорят о перемежающемся залегании.

Часто однородные слои пород бывают отделены тонким прослойком другой породы. Иногда мощность какого-либо слоя на дальнейшем пути меняется. Мы говорим тогда об утолщении, если мощность увеличивается, и о выклинивании, если порода все более утоняется. Породе, которая быстро и со всех сторон выклинивается, дают название линзы (чечевицы), если даже ее горизонтальное протяжение достигает многих метров.

Рассматривая на каком-либо обнажении несколько покрывающих одна другую пород с точки зрения их древности, можно убедиться, что каждый висячий бок будет моложе лежачего. Если за лежачим боком известняка следует висячее отложение глины, то можно сказать, что процесс образования извести уже закончился, когда началось образование слоя

глины (исключения при опрокинутом положении — см. главу 13).

Иногда мы наблюдаем, что какой-либо определенный слой постепенно изменяет свой характер в ту или другую сторону. Мы видим, например, как пласт известняка превращается постепенно в одну какую-нибудь сторону в пласт мергеля вследствие уменьшения содержания извести и замены ее глиной. Относительно такого случая можно сказать, что известковая фация переходит в мергелевую, или,

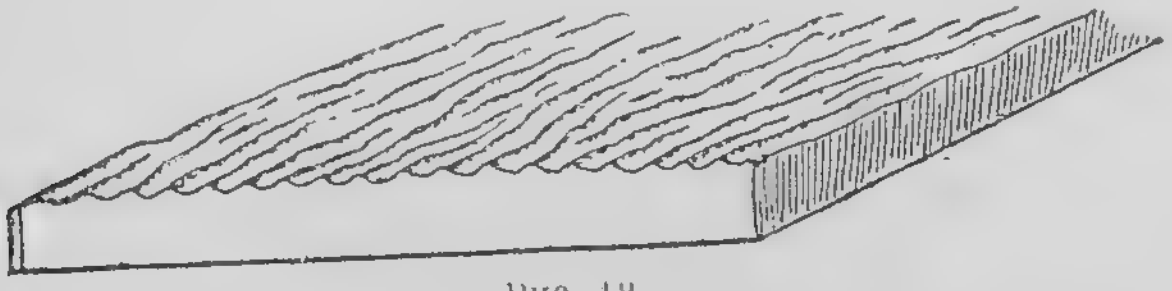


Рис. 19.
Песчаниковая глыба, поверхность которой покрыта волнистыми бороздами (песчаной рябью).

выражаясь языком исторической геологии, что в то время, как в одном месте отлагался известняк, в ближайшем соседстве с ним образовывался мергель (см. рис. 17 и 18 е).

Поверхность слоев и пластов отличается интересными свойствами. Окаменелости здесь встречаются особенно часто. На песчаниках мы наблюдаем иногда округлые углубления, происшедшие от дождевых капель или параллельные, иногда разветвляющиеся борозды (рис. 19) (песчаная рябь, борозды от волн), образовавшиеся на поверхности рыхлого песку действием ветра или потоком воды.

Другие поверхности бывают покрыты выпуклыми, образующими сеть валиками в 1—10 мм. ширины

(рис. 20), ограничивающими систему многоугольных поверхностей. Так как они представляют заполнение трещин в высохших лужах, то их находят только на нижней поверхности слоев. Иногда встречаются следы ступней различных животных, сохранившиеся на поверхности слоев в виде отпечатков (верхняя сторона) или слепков (нижняя сторона).

Рассмотренные до сих пор формы залегания называются на языке немецких рудокопов флецами.

Рис. 20.
Слепок со следа ступни (кисти) большой саламандры (Chirotherium) и образовавшихся некогда трещин высыхания на нижней стороне плиты песчаника.

Старинные саксонские рудокопы отличали от них другой способ отложения — жилу. Жила, это заполненная массой горной породы трещина, которая появилась после отложения системы слоев. Жилы таким образом всегда моложе, чем пронизанные ими породы.

Такие трещины, пронизывающие горные породы, могут происходить различным образом:

1) Вследствие высыхания. Если высыхает глинистая или илистая масса, то на ее поверхности обра-

зуются трещины, которые ограничивают большей частью шестигранные участки, так что, наконец, из глины образуются шестисторонние колонны.

2) Вследствие охлаждения горячей породы. Если лавовый поток перестает течь или затвердевает и горячая масса, достигающая, может быть, 1000°, остывает, то она разрывается подобно высохшей глине на шести- или пятисторонние куски, которые известны в виде прямых или изогнутых базальтовых или порфировых столбов.

3) Трещины могут также происходить благодаря быстрому охлаждению разогретых скал, как это мы уже видели при физическом выветривании.

4) Главнейшей причиной происхождения трещин являются однако землетрясения, которые разрушают не только каменные дома, но и каменную кору земли. Большая часть трещин, пронизывающих слоистые горные породы, образовались в те периоды, когда благодаря действию подземных сил поднимались горы, опускались долины, горизонтальные слои изгибались в складки, и целые участки земли сдвигались один относительно другого.

Все эти трещины сходны в том, что они пронизили независимо от слоистости и пронизывают земную кору по всевозможным направлениям. Иногда они бывают так малы и так многочислены, что только при микроскопическом исследовании породы можно различить миллионы мельчайших пронизывающих ее щелей; в других случаях широкую трещину, можно проследить на много миль почти по прямолинейному направлению.

Часто многочисленные трещины идут параллельно, и по направлению одной можно определить ход соседних. В других случаях их направление быстро меняется, или они взаимно пересекаются. Если крупная щель распадается на большое число маленьких, то мы говорим, что она раздробляется, и называем отдельные ветви *расколами*.

Подобно длине трещин различно и их проникновение в глубину. Одни, как говорят рудокопы, «исходят» «в бесконечную глубину», другие *выклиниваются* (закрываются), чтобы спустя некоторое время открыться снова (см. рис. 30).

Громадное число трещин зияет мало или совершенно закрыто; они образуют отграничивающие поверхности не толще волоска, превращающиеся в открытые трещины только путем выветривания.

Хотя все трещины в поперечном изломе и производят впечатление разветвляющейся «сосудистой сети», но мы должны всегда иметь в виду, что их вытянутые в одной плоскости полости нельзя сравнивать, как это иногда делают, с сосудами человеческого тела.

Поверхность трещин обнаруживает часто сглаженные, доходящее до зеркального, или параллельную штриховку (поверхность скольжения, которая указывает на то, что обе стенки трещины сдвинулись одна относительно другой). В таком случае мы называем трещину разломом или *сбросом*. Мы можем тогда измерить «*высоту сброса*» по сдвигу породы, испытавшей сброс.

Направление линий на плоскости скольжения дает нам возможность узнать, в каком направлении двигались обе сброшенные массы земли.

К сбросам, природа которых будет рассмотрена подробнее в 13-й главе, относится то же самое, что мы сказали вообще о трещинах. Одни из них одиночны, другие группируются параллельно, третьи

Рис. 21.

Схематическое изображение различных типов трещин в земной коре и заполнение некоторых из них раскаленной магмой. Налево поверхностные, оканчивающиеся слепо книзу трещины, из которых одна расширилась в пещеру; в средине — замкнутые кругом, ветвящиеся или пересекающиеся трещины, дающие начало образованию рудных и минеральных жил; вправо — плутонические трещины, расширяющиеся по направлению к ядру магмы, кверху оканчивающиеся слепо и дающие начало плутоническим массам и жилам; наконец, вулканические трещины, пронизывающие всю земную кору и способствующие истечению вулканической лавы.

пересекаются или разветвляются. Есть сбросы, высота которых не более 1 см., есть и такие, которые доходят до 1000 м. и более, указывая, что две громадные глыбы земной коры сдвинулись на такую величину.

При рассматривании хода трещин или систем их в земной коре, мы можем различать четыре случая (рис. 21): 1) трещина начинается на поверхности

земли и оканчивается на некоторой глубине; 2) трещина выклинивается со всех сторон внутри твердой земной коры; 3) группа трещин пронизывает земную кору снизу, чтобы где-нибудь закончиться, и, наконец, 4) трещины или неправильно развитые пустоты пронизывают всю земную кору. По этим последним изливаются раскаленные массы лавы и паров, вызывающие вулканические явления. О судьбе этих различных видов трещин будет сказано в следующей главе.

Задачи.

43) Слой, параллельный поверхности земли или горизонтальный, можно легко отыскать под землей, если известно его расстояние по вертикали от поверхности. Горную породу, развитую горизонтально, называют слабо наклоненной. Но большинство трещин и жил, как и многие слои, сдвинутые горообразовательными процессами, не располагаются горизонтально. Чтобы определить их расположение внутри земной коры, нужно установить три свойства их при помощи компаса, отвеса и угломера. Во-первых, простирание, т.-е. направление по горизонту (страна света), в котором пробегает мыслимая горизонтальная линия по массе горной породы (рис. 22); во-вторых, падение, т.-е. линию воображаемую, перпендикулярно к простиранию в плоскости горной породы; наконец, угол падения, т.-е. отклонение падения от горизонтального направления. Если эти величины установлены, то этим определяется направление жилы, трещины или наклонного пласта. Для этого употребляют горный компас, который можно сделать из обыкновенного компаса, прикрепив его к четырехугольной дощечке (рис. 23), стороны которой параллельны линиям N—S и *O*—W. Потом переставляют *O* и W одно на место другого и делят круг на 2 половины, каждая с 12 делениями (12 часам), как указано на рисунке.

Подразделение на часы в горном компасе ведет начало со времен, предшествовавших изобретению магнитной стрелки: 1, 2, 3 . . ., 12 часами отмечали направление, в котором видели солнце в 1, 2, 3 . . ., 12 часов, т.-е. в котором падала тень в соответственное время. 12 означает, таким образом, меридиональное направление S—N, 6 часов — направление тени в 6 часов утра или вечера, 9 часов — направление солнца, в котором оно бывает перед полуднем на юго-востоке (вечером на северо-западе) и т. д.

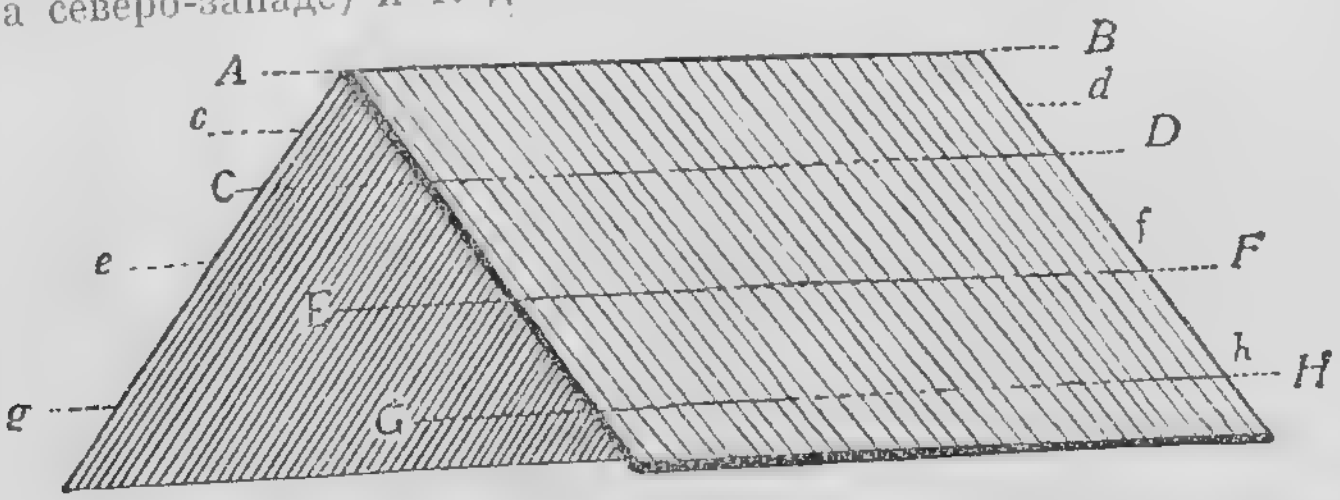


Рис. 22.

Если поставить переплет книги в виде крыши, то верхняя линия $A-B$, как и параллельные ей $C-D$, $c-d$, $E-F$, $e-f$, $G-H$, $g-h$, соответствуют простиранию обоих поверхностей. Но они разнятся между собою падением, направление которого, перпендикулярное к простиранию, обозначено штриховкой.

44) Упражняйся в применении горного компаса прежде всего на книге, поставив ее перед собой на стол в виде крыши и определяя как простирание переплета книги, так и падение по углу падения его половины. Производи затем такие же измерения в поле на наклонных трещинах и на поверхностях пластов.

45) Определи прежде всего простирание трещины, наблюдая сторону света, на которую указывает горизонтальная линия, мысленно проведенная в трещине. Воткни палку горизонтально в трещину или положи ее горизонтально на свободную поверхность трещины. Приложи боковую сторону дощечки компаса к палке, и ты будешь в состоянии по стрелке компаса отсчитать, на сколько делений или в каком направлении к горизонту простирается трещина.

46) При помощи компаса определи затем направление падения, которое всегда измеряется перпендикулярно к простиранию и, наконец, угол падения. Для этого лучше всего пользоваться транспортиром (рис. 24), к которому прикрепляют, как показано. на шелковой нити груз. Если держать верхний край транспортира параллельно направлению падения, то можно прямо отсчитать угол падения в градусах.

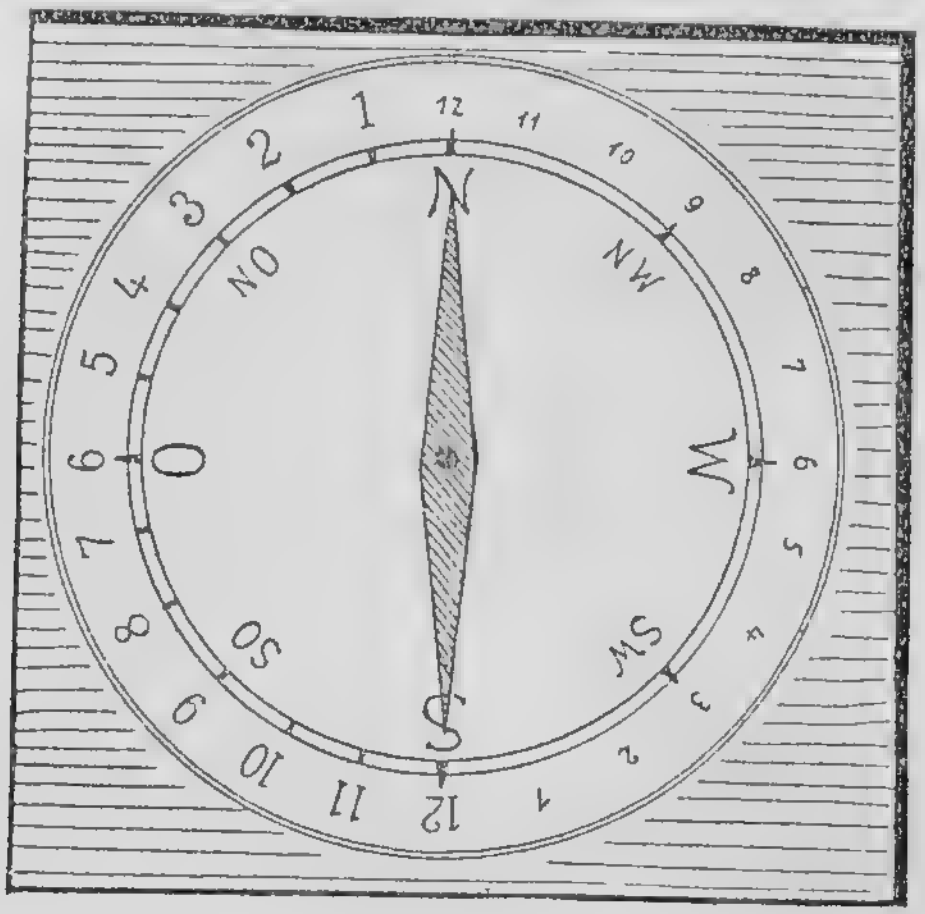


Рис. 23.
Горный компас с переставленными W и O и нанесенными часами (каждый из них соответствует 15° окружности). Он вставлен в четырехугольную дощечку, стороны которой, параллельные направлению N—S, служат для определения простирания слоев.

47) Для определения мощности слоистых отложений на склоне горы, возьми обыкновенную плоскую и круглую манерку, наполни ее наполовину водой и стань у подножия склона или на границе слоя; держи манерку вытянутой рукой так, чтобы чуть-чуть можно было видеть закругление стенки, и так высоко, чтобы поверхность жидкости казалась не плоскостью, но линией, тогда она находится в одной горизонтальной плоскости с глазом, и каждый видимый сзади ее пункт

лежит на высоте глаза z над местом стояния. Отметь на склоне точку, стань каблуками на нее и отмечай дальше таким же образом, тогда высота новой отметки над начальным пунктом будет 2 z. Таким путем можно определить и высоту склона горы. Величину z найдешь, если в комнате на стенке таким же образом отметишь точку и измеришь высоту отметки над полом; она обыкновенно 1,6 метр. Если последняя отмечаемая линия (на склоне) пройдет выше конечного пункта измеряемой высоты, то воткни в землю на месте последнего стояния палку и иди от нее с манеркой до тех пор вниз, пока отмечаемая линия не совпадет с конечным пунктом; или воткни палку в конечный пункт и визируй ее с последнего места стояния; в обоих случаях измеряются какой-либо мерой прибавляемые или вычитаемые отрезки.

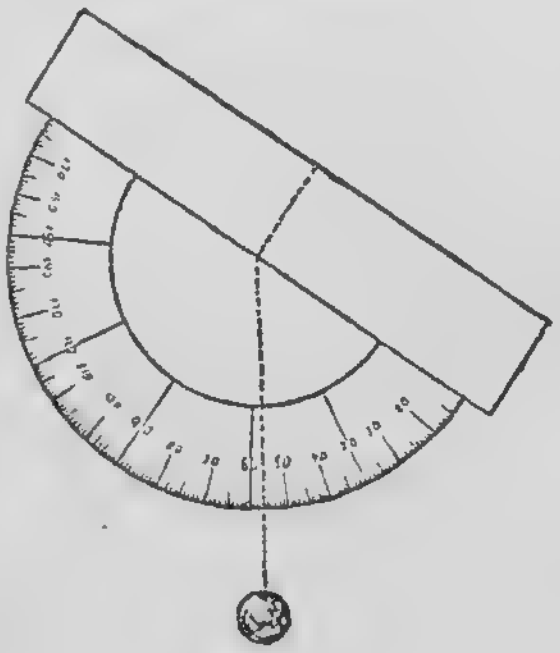


Рис. 24.
Деление 90 должно быть отмечено 0°, а в стороны от него должны быть размечены деления до 90°.

48) Примечай на илистых лужах следы, оставленные ползающими червями, жуками, птицами или небольшими четвероногими. Заставь этих животных проползти по слою глины, помещенной в плоском деревянном ящике, и по засыхании сделай со следа слепок гипсовым раствором. Замечай форму следов, оставленных улитками и двустворками в речных лужах.

7. Подземная вода и источники.

Если вырыть глубокую яму на низменной равнине, то можно наблюдать, что почва, сухая на поверхности, с увеличением глубины становится влажной, хотя поры между частицами наполнены еще воздухом. Если рыть дальше, то дойдем, наконец, до

зоны, в которой даже мелкие пустоты имеют воду. Поверхность этой богатой водой части земной коры называют поверхностью грунтовых вод.

Положение ее меняется в различных странах и в зависимости от погоды; она поднимается после продолжительных дождей и опускается во время большой засухи; в сухих пустынях она лежит на глубине до 50 метров от поверхности.

Многочисленные корни, особенно деревьев и кустарников, доходят до уровня грунтовых вод. Точно

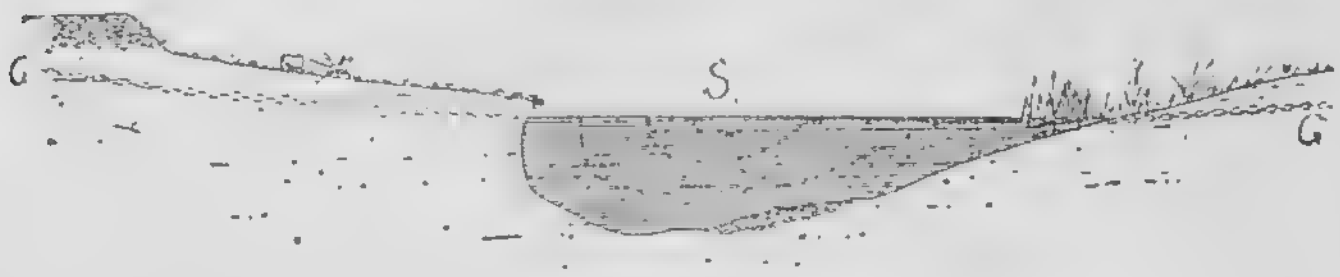


Рис. 24.

Положение поверхности воды в реке относительно несколько восходящего уровня грунтовых вод в береговых отложениях. Влево слабонаклоненная поверхность, которая за время половодья была усеяна корнями деревьев и застрявшими в них одиночными камнями. Под ней крутой берег, направо пологий берег, в русле реки нанос гравия; изогнутые линии в воде представляют зоны равных скоростей течения, наибольшая скорость лежит в стрежне (S).

также и живущие в почве бактерии часто зависят от грунтовых вод. Многие опасные носители болезней (каковы: холерные и тифозные бациллы) размножаются наиболее при понижении уровня грунтовых вод, в еще сырых, но лучше проветриваемых слоях земли, и потому сухие периоды особенно благоприятны для развития эпидемий.

В береговой зоне больших рек уровень грунтовых вод поднимается медленно от берега (рис. 25), и на некоторых океанических островах можно дойти не-

далеко от берега (рис. 26) до пресной воды, так как уровень грунтовых вод обусловливается выпадающей на острове дождевой водой. Так как она легче морской, то плавает поверх последней. Песчаная почва позволяет уходить грунтовой воде на глубину,

Рис. 26.
Распределение пресной грунтовой воды (пунктирована), происшедшей от дождя, и соленой (заштрихована), тяжелой, проникающей из моря, на океаническом острове. Вблизи пальмовой группы можно было бы добыть питьевую воду из колодца.

глинистая почва задерживает ее. Поэтому свойство почв имеет громадное значение для роста растений, лесоводства и сельского хозяйства. Чем толще по-

Рис. 27.
Низинка, склоны которой пересекаются уровнем грунтовых вод (G), так что эта вода может выходить на поверхность.

кров из продуктов выветривания, чем дальше рыхлые массы идут на глубину, тем легче могут проникать до уровня грунтовых вод корни растений.

Часто строение поверхности или распределение под землей водонепроницаемых горных пород обусловливает выход уровня грунтовых вод из-под зем-

ли (рис. 27). Тогда образуются болота, топи, источники, исчезающие при понижении грунтовых вод. Но и под рыхлой землей в твердых горных породах находятся большие или меньшие массы воды. Почти всякая шахта, туннель, всякая глубокая пещера обнаруживает распространение подземных вод. Только при исключительных условиях встречаются под поверхностью земли бедные водой или безводные зоны. Проникновению воды мешает здесь или водоупорный глинистый слой, как в отложениях каменной соли, или значительные трещины, которыми вся вода увлекается в другие участки земной коры.

В каждой каменоломне мы можем наблюдать, какие громадные массы воды содержатся даже в самых твердых породах. Многие породы могут подвергаться обделке только при содержании «горной влажности», т.-е. пока они пропитаны подземной водой; они становятся хрупкими и трудно поддаются обделке, если высохли.

Вода в земле распределена неравномерно. Как на поверхности земли есть сырые и сухие почвы, так и земная кора состоит из водопроницаемых и водоупорных, обильных и бедных водой пород. Большую роль, кроме того, играют плоскости напластования различных пород, которые, смотря по очертанию отдельных масс, то залегают горизонтально, то бывают изогнуты и разломаны.

В местности, образованной горизонтально наслоенными породами, мы находим водоносный слой там, где водопроницаемые породы располагаются на во-

доупорных. Если принять в расчет распределение (рис. 28) водоносных пограничных плоскостей во всем ряду пород, то можно вычислить, как глубоко

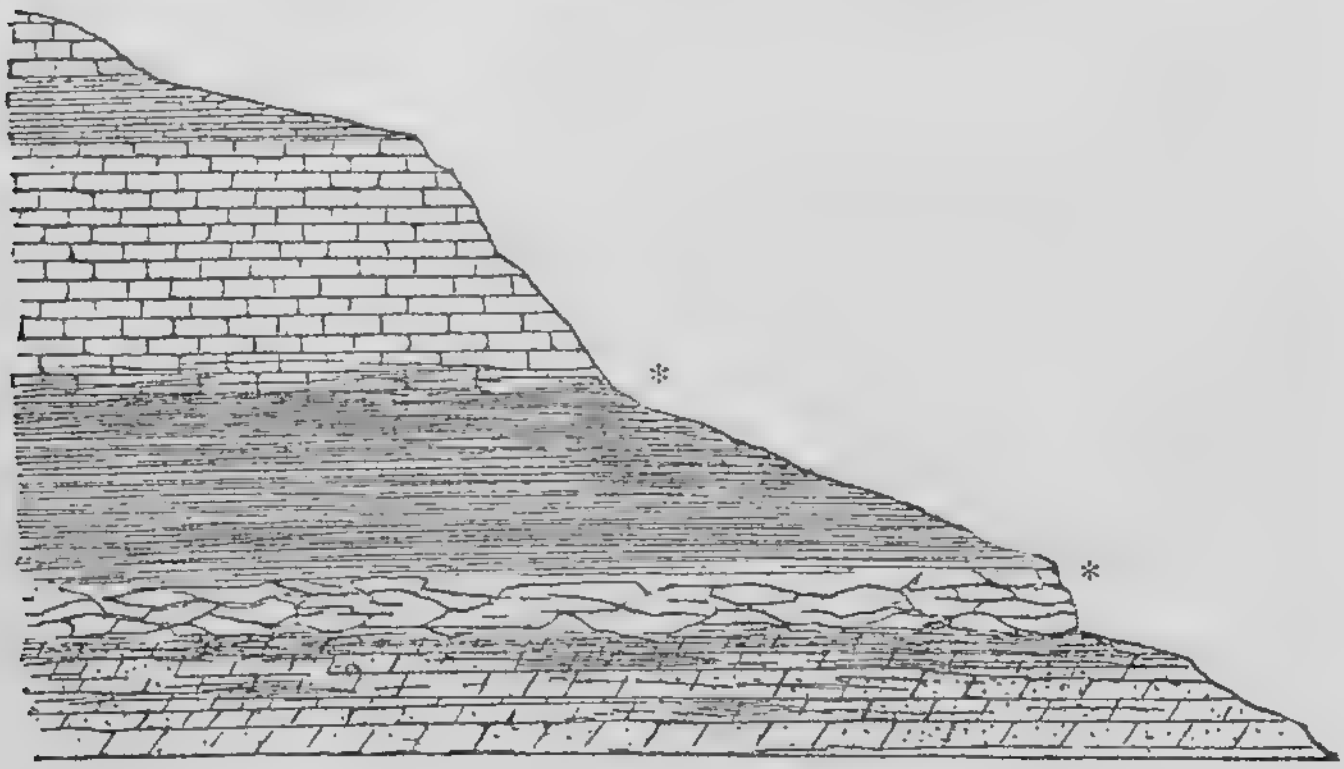


Рис. 28.

Профиль склонов в долине Заалы в ее среднем течении с местами выхода источников, обозначенных*. Дождевая вода просачивается в трещиноватые пласты верхнего и нижнего раковинного известняка, разделенные тонкослоистым средним раковинным известняком, и вытекает у нижней границы известняков на водоносных глинистых слоях рета. Вода, проникающая глубже, собирается в трещиноватых гипсах и вытекает над глинистыми пластами с отпечатками Chirotherium (животное с руками).

следует рыть, чтобы наверняка найти воду. Но не везде условия так просты.

Большие и малые трещины различного происхождения проникают сверху в земную кору. Если долгое время не было дождя, то почва растрескивается, и на обнажениях появляется много трещин, доходящих до поверхности земли прямыми или изогнутыми путями. Сухая глинистая почва и высыхающие лужи с глинистым дном выказывают правильное

растрескивание на шестисторонние мелкие, или крупные глыбы, представляющие некоторое сходство с пчелиными сотами. Причина этого явления следующая: при высыхании глина сильно морщится, и появляются трещины, которые, во-первых, должны образовывать тесно замкнутую систему петель, и, во-вторых, наибольшая масса сморщивающейся глины должна быть ограничена наименьшим периметром. Этим требованиям лучше всего отвечает шестиугольник. Поэтому такую форму мы находим как при высыхании глины, так и при остывании расплавленных вулканических масс, которые распадаются при этом на шестисторонние колонны (базальт, порфир); впрочем, во всех этих случаях встречаются также 3-, 4-, 5-, 7- и 8-угольники.

Выпавшая дождевая вода проникает по трещинам в глубину и способствует выветриванию, разложению и размягчению горных пород.

Можно легко проследить результаты этой работы на гранитных и базальтовых горах, разбитых трещинами. Громадные глыбы, отграниченные резкими щелями, постепенно округляются, а дождь и ветер уносят выветрившийся песок. Выветривание проникает все глубже в земную кору, глыбы камней округляются со всех сторон; некоторые из них, лишившись опоры, сползают по горным склонам (см. рис, 4 и 7). Этот процесс продолжается тысячелетиями и, наконец, получается м о р е скал, которое кажется составленным из нагромажденных один на другой обломков, но на самом деле представляет остаток прежней более высокой горной вершины.

Трещины могут стать опасными, если они пронизывают твердые породы, лежащие на более мягком ложе. Так как последнее выветривается быстрее, то нависший покров, наконец, обрывается вдоль трещины в виде горного оползня.

Если такие трещины благодаря выветриванию становятся кверху шире, то они могут быть засыпаны сверху горным щебнем.

Вследствие того, что поверхностные трещины самым различным образом связаны между собой, проникающая в них дождевая вода может выходить в виде *источника*. Температура таких источников, происходящих из поверхностных грунтовых вод, меняется по временам года, и так как вода их легко может загрязняться, то ручьи мутнеют после каждого дождя, и вода их вообще не может считаться здоровою.

Другие источники не мутятся даже после сильных ливней и целый год имеют одну и ту же температуру, то низкую, соответствующую средней годовой температуре местности, то теплую. Можно предполагать, что такие источники выходят из более глубоких слоев земной коры и что их вода при прохождении через плотные породы совершенно очищается. Редко, впрочем, вода таких источников бывает химически чистою, почти всегда она содержит небольшое количество растворенных веществ, и по преобладанию тех или иных из них различают источники известковые, щелочные, соленые, железистые и т. п. Горячие источники называют термами и, если они дают много газа, газовыми источниками (Sprudel).

Все эти источники выходят из горных пород земной коры и по своим свойствам отражают особенности пород, из которых они вышли. Соленые источники происходят, таким образом, из соленосной породы; железистый источник получил начало в трещинах пород, в которых углекислотой растворялись соединения железа, а ручей, имеющий 80° теплоты, выходит из трещины, которая проникает на такую глубину, где господствует температура выше 80 градусов.

Всякий рудник, прорытие каждого туннеля дает геологам данные о распределении воды в более глубоких слоях земной коры. Благодаря этому мы знаем, что распределение подземных вод обусловливается чередованием водопроницаемых и водоносных пород, а также распределением подземных трещин. Из наблюдения пород на поверхности земли и из изучения систем геологических трещин геолог может, таким образом, вывести заключение о подземном водном хозяйстве и дать указания относительно нахождения обильных источников[1]).

Так как есть ключи с температурой от 0—100° и так как известно, что при нормальном давлении вода

[1]) Это — единственно верный путь, ведущий к открытию источников, но распространено поверье, что источники могут указывать и не получившие научного образования, так наз. искатели ключей. Отдельные случаи, в которых такие попытки увенчались успехом, рассказываются всюду, о многочисленных же неудачах даже самых опытных искателей ключей узнают немногие, так как все избегают открывать другим свои безуспешные усилия и напрасные затраты. Нельзя отрицать, что хороший наблюдатель, с продолжительной практикой, и без специально геологической подготовки может иногда с успехом дорываться до воды, но обыкновенно при этом большую роль играет случай. Надежный результат достигается только на основании геологического исследования.

не может быть теплее, не превратившись в пар, то из этого следует, что в земной коре есть горные породы, нагретые до 100°, а вероятно, еще много выше.

Относительно распределения этих различно нагретых областей в земной коре, можно было получить

Рис. 29.

Происхождение горячего ключа из холодной снеговой воды, которая проникает с окружающих вершин в земную кору, пронизанную трещинами, и проходит различно теплые слои (ход геоизотерм от 5—40° изображен пунктирными линиями). На уровне курорта источник выходит по горизонтальной сборной трещине на поверхность.

некоторые сведения при проведении глубоких туннелей, шахт и при буреньях. Было дознано, что теплота в земной коре с увеличением глубины постепенно повышается. Глубину, на которой наблюдается повышение термометра на 1 градус Цельсия, называют геотермическим градусом. В среднем она составляет 35 м. и, исходя из средней годовой температуры, данной области, можно вычислить

по температуре источника глубину проникновения трещины, из которой он выходит. Карлсбадский Sprudel имеет температуру 59°, а годовая температура там = 7°. Вода должна поэтому происходить с глубины примерно 1820 м. Горячие ключи в высоких горах во многих случаях, вероятно, идут не вертикально с глубины, но из горизонтальной системы трещин, доходящей до теплого ядра горы (рис. 29).

Многие ключи содержат значительное количество растворенных веществ, которые частью выделяются при выходе из земли. Как известно, горячая вода может растворять больше чем холодная. Если поэтому горячий известковый источник, напр., карлсбадский Sprudel, охлаждается, то его растворяющая сила уменьшается, и корки из белого или буро-окрашенного железной охрой известняка покрывают все омываемые водой предметы. Таким образом покрываются натеком или, как неправильно говорят, каменеют птичьи гнезда и букеты цветов, если опускать их на продолжительное время в известковую воду.

Многие известковые источники могут только потому растворять известь, что они содержат углекислоту, которую дождевая вода захватила из воздуха или с лесной почвы. Если такие источники выходят на поверхность, то углекислота вследствие быстрого движения и нагревания воды выделяется, а растворенный при ее помощи известняк оседает. Такая «жесткая» вода источников покрывает натеком все, что попадается на пути ее течения, одевает нежной коркой мхи, листья и травы; иногда она покры-

вала известью костяки убитых первобытным человеком во время охоты животных и сохранила таким образом важные документы истории земли. Такие пресноводные известняки называются также капельником (сталактитами). Известны подобные отложения у Таубаха и Эрингсдорфа около Веймара, вследствие их многочисленных окаменелостей и так называемые травертины Тиволи, из которых построены собор св. Петра и дворцы римских императоров.

Если такая известковая вода течет по щебневой покатости, составленной из остроугольных обломков пород, то она цементирует их в брекчию, а округлые гальки — в конгломерат.

Задачи.

49) Определи положение уровня грунтовых вод при копании колодцев, ям для посадки деревьев; прими во внимание при этом атмосферные осадки последней недели и положение участка.

50) Наблюдай колебание уровня грунтовых вод при изменении погоды.

51) Взвесь обломок свежей горной породы, содержащий горную влажность, и определи взвешиванием потерю воды после продолжительного высушивания. Вычисли содержание воды различных употребляемых в технике горных пород.

52) Нарисуй сеть трещин высыхающей глинистой лужи, затем сделай с нее слепок из гипсового молока, подобно сетчатым валикам на нижней стороне висячего пласта горной породы.

53) Измеряй температуру источников, иссякающих во время сухого лета, и сравни ее с ходом средней годовой температуры. (Вообще такие ручьи только спустя несколько дней или недель принимают температуру воздуха, так как она передается им через почву, плохо проводящую тепло).

54) Ежемесячно определяй температуру всех окрестных источников и сравни ход ее в различных ключах. Чем постоянное температура, тем глубже лежит область выхода воды.

55) Выпари литр воды из источника и взвесь растворенное вещество. Если оно исчезает при смачивании разведенной соляной кислотой, сильно вскипая, то мы имеем дело с известковым источником; вода «жесткая». Если остаток при нагревании буреет, а при накаливании сгорает, то в воде содержатся (вредные) органические вещества. Другие вредные загрязнения — азотной кислотой, азотистым аммиаком, хлором, сероводородом и др. может доказать только химик.

56) Насыпь ничтожное количество мелового порошка (углекислого кальция) в бутылку с содовой водой и наблюдай, сколько граммов кальция растворилось в воде с углекислотой. Проделай контрольный опыт с чистой колодезной водой, которая даже спустя несколько дней все еще не успевает растворить известняк. Оставь известковый раствор первого опыта открытым и наблюдай, когда снова начинают выделяться частички извести. При встряхивании или при пропускании воздуха, как и при нагревании, осаждение пойдет быстрее.

57) Повесь в богатый известью источник небольшую и взвешенную в сухом виде плитку сланца и наблюдай в определенные промежутки (месяцы), насколько она вследствие отложения извести стала тяжелее, — взвешивая вновь высушенную плитку и удаляя известковый осадок с помощью разбавленной соляной кислоты.

8. Заполнение трещин и пустот.

В земной коре много трещин, замкнутых со всех сторон. Они особенно часто встречаются в таких местах, которые были сдвинуты или сжаты при горообразовательных процессах, описываемых дальше. Эти трещины бывают малы или велики, узки или широки и оканчиваются или на небольшом протяжении, или пройдя более чем 100 м. В момент своего

возникновения они находились на значительной глубине под поверхностью земли. Если же пронизанная ими порода была выветрена и снесена, то они могут оказаться на поверхности земли (рис. 30).

Рис. 30.

Слоистый сланец пронизан трещинами и минеральными жилами. Самые старые, параллельные и разветвляющиеся, заполненные трещины (на рисунке черные) были разбиты позднейшими щелями и сброшены. Последние были заполнены различными поколениями минералов, насколько в эти трещины, отовсюду закрытые, могли проникнуть слабые минеральные растворы. Вследствие позднейшего сноса жила направо вышла на поверхность и образовала скалистый утес; в трех местах поверхность ограничена более старыми жилами.

Так как почти все породы содержат следы воды или, хотя бы в слабой степени, водопроницаемы, то вода просачивается в пустоты земной коры, и так как она здесь задерживается, то растворенные в ней вещества медленно выделяются. Таким путем образуются то жилы известкового шпата, кварца, тяже-

лого шпата, гипса, то к ним присоединяются растворы соединений железа, свинца, меди или серебра, чтобы тут медленно кристаллизоваться.

Очень часто растворы различных веществ попадают в такую пустоту последовательно один за другим, и если, напр., стенки ее сначала покрылись тонким слоем кристаллов кварца, то может случиться, что на них нарастут кристаллы свинцового блеска, а оставшаяся еще после этого полость будет, в конце-концов, заполнена тяжелым шпатом.

Трещины, заполненные кристаллической коркой образовавшейся из растворов и потому затянувшиеся, мы называем, смотря по составу, минеральными или рудными жилами. Их техническое значение достаточно известно, и поэтому мы не будем входить в дальнейшее их рассмотрение.

Рудные жилы, подобно вышеописанным щелям и сбросовым трещинам, могут встречаться по одиночке или параллельными рядами; если они пересекают одна другую, то происходит так называемый перекрест жил; или же отличают «сброшенную» старую жилу от более молодого «сбрасывателя».

Многие рудные жилы содержат не только лежащие рядом различные поколения выделившихся минералов, но содержание руды в них изменяется с глубиной. Если количество добываемой в них руды увеличивается, тогда говорят, что они «облагораживаются», между тем как более бедные рудой части той же жилы называются «пустой» породой.

Ценные рудные жилы мы находим главным образом там, где очень старые складчатые горы выветри-

вались и сносились в течение миллионов лет, так что обнажилось самое глубокое ядро гор. Поэтому-то древние разрушенные горы, каковы Рудные и Урал, богаче рудами более молодых, менее подвергавшихся сносу складчатых гор, Альп и Гималаев (рис. 31).

На ряду с значительными по протяжению пустыми трещинами (или жилами горных пород) в земной коре широко распространены мелкие и крупные пу-

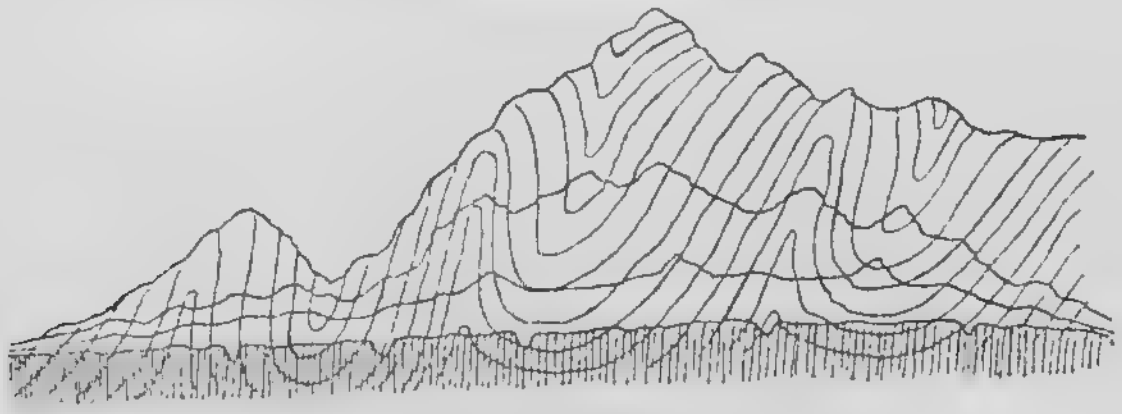


Рис. 31.

Постепенное разрушение высоких складчатых гор до превращения их в плоское основание гор (остаточные горы). Высший гребень соответствует нынешнему профилю Гималаев, вторая зубчатая линия должна представлять горы, понизившиеся до высоты Альп; третья зубчатая линия соответствует сильно разрушенному Уралу, тогда как заштрихованный цоколь представляет плоскогорье Рудных гор с отдельными глубоко прорезанными долинами.

стоты округлого или неправильного очертания и очень разнообразного происхождения.

По временам до земной поверхности доходит расплавленная лава, богатая парами, и благодаря им становится, как хорошо поднявшийся хлеб, пенистой и богатой пузырями. Последние в текущей лаве часто становятся вытянутыми в длину полостями и, подобно минеральным жилам, заполняются изнутри изящными кристаллами или корками из минералов величиной от горошины до кулака. Такие образования называют друзами кристаллов, если они

состоят из щеток кристаллов, и друзами агата, если они состоят из пестро окрашенных кремневых корок (рис. 32).

Прежде их часто находили в вулканическом выветрившемся мелафире долины Наге около Оберштейна и Кирна. После того как возникшая там агатовая промышленность потребила весь легко добывае-

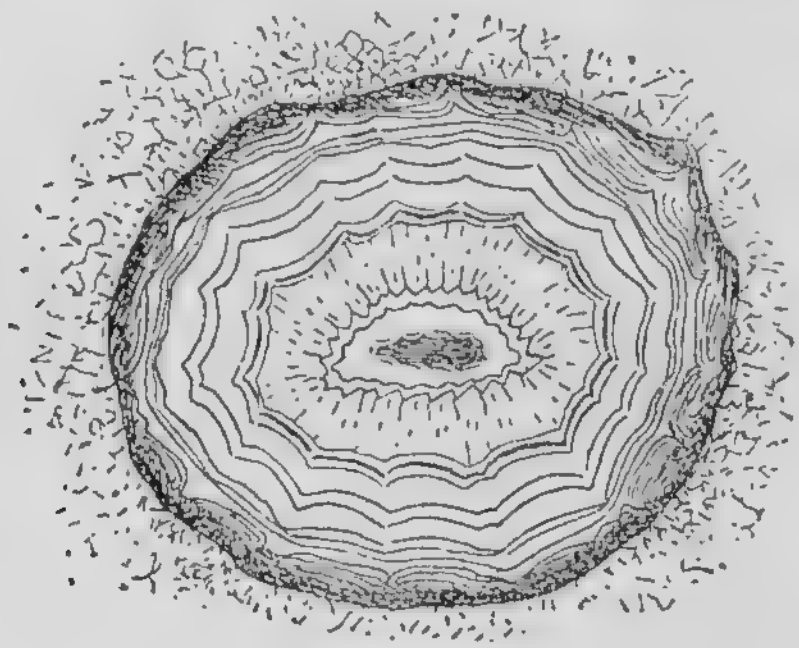


Рис. 32.

Агатовая друза, т.-е. заполнение округлого полого пространства в вулканической породе различными генерациями корок кремневой кислоты. Сначала отложился гроздевидный халцедон, потом полосатый агат, потом полость была выложена кристаллами кварца, а оставшийся в средине промежуток заполнился халцедоном.

мый местный материал, в Оберштейне стали шлифоваться главным образом южно-американские агаты, и отсюда они расходятся по курортам и ювелирным магазинам всего света.

В мощных гранитных штоках Альп иногда встречаются более значительные пустоты, называемые погребами кристаллов, если в них в течение продолжительного времени образовались особенно крупные и хорошо развитые группы кристаллов. Отсюда

происходят великолепные кристаллы горного хрусталя до 80 см. длины, чистые как вода, или бурого дымчатого топаза, составляющие украшение минералогических коллекций.

Другие, особенно большие пустоты образуются в земной коре потому, что некоторые горные породы растворяются водой и уносятся минеральными ключами. Одним из наиболее растворимых веществ является каменная соль. Слои каменной соли только до тех пор сохраняются в земной коре от воды, пока остается целым их покров из водоупорной глины. Как только до них проникнет маленькая водяная жила, соль растворяется, образуется соленый источник, и спустя известное время на месте соли или соленосной глины остается в земле пустота.

С солью очень часто бывает связан гипс, который, растворяясь в воде, проникает в пустоту и здесь снова выделяется в виде прозрачных кристаллов так назыв. гипсового шпата. Так образовалась известная пещера Марии около Фридрихроды, стены которой покрыты причудливо изогнутыми кристаллами гипса.

Часто с отложениями соли бывает связан безводный гипс или ангидрит, превращающийся при доступе воды в гипс. Пещера Барбароссы у Кюффхейзера (рис. 33) образовалась от растворения пласта соли, крыша которого состояла из ангидрита. При доступе воды и влажного воздуха ангидрит превращается в водный гипс и на $^1/_5$ увеличивает при этом свою массу. Как свидетели этого, с потолка пещеры свисают фантастические фестоны

и лоскуты гипса, падающие, наконец, в маленькое озеро на дне пещеры и заменяющиеся новыми образованиями гипсовых фестонов.

Что происходит тут в малом масштабе, именно обрушивание потолка и медленное повышение всей пещеры кверху, то часто совершается в короткое время, если обрушивается весь ряд слоев, находящийся над выщелоченной залежью соли, при чем на поверхности земли образуется воронкообразный провал. Последний может потом заполниться во-

Рис. 33.

Разрез через пещеру Барбароссы у Kyffhäuser'a. Пустота отделяет кровлю из ангидрита (пунктир), который, принимая воду, превращается в гипс; об'ем его увеличивается, и он свисает в виде длинных фестонов, которые, в конце-концов, отламываются и образуют на дне скопление гипса (заштриховано).

дой и образовать уединенное тихое озеро, каковые известны в Западном Гарце и Тюрингии (Salzungen, Gera).

К растворимым породам относится и углекислый кальций, а потому часто трещины, встречающиеся в мощных известковых массах, расширяются, образуя пустоты и пещеры. (См. доп. 9). Однако не все пещеры в известняковых горах образовались благодаря растворению извести. Многие неслоистые известняки представляют собою окаменелые коралловые рифы; подобно растущим еще коралловым рифам теплых

морей, они были пронизаны неправильной системой пустот, оставшихся незаполненными между растущими коралловыми массами. Разнообразные процессы потом изменили первоначальную форму этих рифовых пустот, вода изгрызла их стены, крыша над ними провалилась, и все-таки первоначальная форма их может быть часто обнаружена еще и теперь.

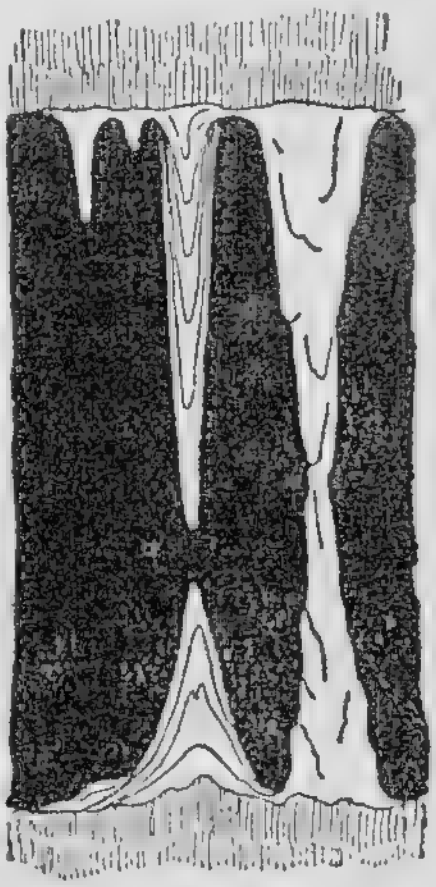


Рис. 34.
Образование капельников в известковой пещере. Налево сверху молодая сосулька, в средине более старый сталактит, навстречу которому снизу растет сталагмит. Справа оба слились в одну колонну.

Проникающая через известняк вода, содержащая углекислоту, растворяет всюду на своем пути частички известняка и легко выделяет их снова, если выступает каплями на потолке пещеры. Таким образом, на месте просачивания капель образуются растущие, сначала пустые, потом сплошные сосульки (сталактиты), а на дне пещеры каждая падающая капля оставляет частицы извести, которые растут снизу вверх, образуя сталагмиты (рис. 34).

Если в течение тысячелетий сталактиты и сталагмиты вырастут настолько, что они соприкасаются один с другим, то образуется капельниковая колонна, по стенкам которой течет известковая вода и все более утолщает ее.

Если известковые капли выходят из трещины, находящейся в потолке пещеры, то образуется склад-

чатый сплошной натек, который обнаруживает свое кристаллическое строение чистотой издаваемого им при ударе звука.

Таким образом, прежняя рифовая пустота становится все меньше и наконец известковые образования затянут ее всю, если только случайно не обрушится потолок пещеры и не образуется провал. Этот процесс может привести к тому, что, наконец, обрушится последний покров, и поверхность известкового плоскогория обнаружит неправильные впадины, каковые известны в Карсте под названием долин. Обычно такой провал сопровождается сотрясением, которое часто смешивают с собственно землетрясениями, хотя оно захватывает только тесно ограниченный район.

Некоторые пещеры в первобытные времена служили убежищами для разных хищных животных, населявших некогда Европу. Многие следовавшие одно за другим поколения медведей обитали во франконских пещерах, утаскивали туда свою добычу, заползали туда в старости и во время болезни и околевали там.

Была эпоха, когда в Германии господствовал сухой степной климат и когда ветер переносил там громадные массы желтой степной пыли (лёсса). Случавшиеся повременам ливни увлекали этот лёсс и в пещеры, где он обволакивал скопившиеся там кости животных и мало-по-малу заполнял вместе с последними глубже лежащие части пещеры. В Гайленрейтерской пещере (рис. 35) нашли 1000 нижних челюстей пещерных медведей — доказатель-

ство, как много поколений этих зверей жило и пало там. В английских пещерах нашли такие же скопления костей гиен.

В горах, сложенных из известняков, бывает, что подобные пещеры служат сборным бассейном для целого ряда водных жил, из которых образуется,

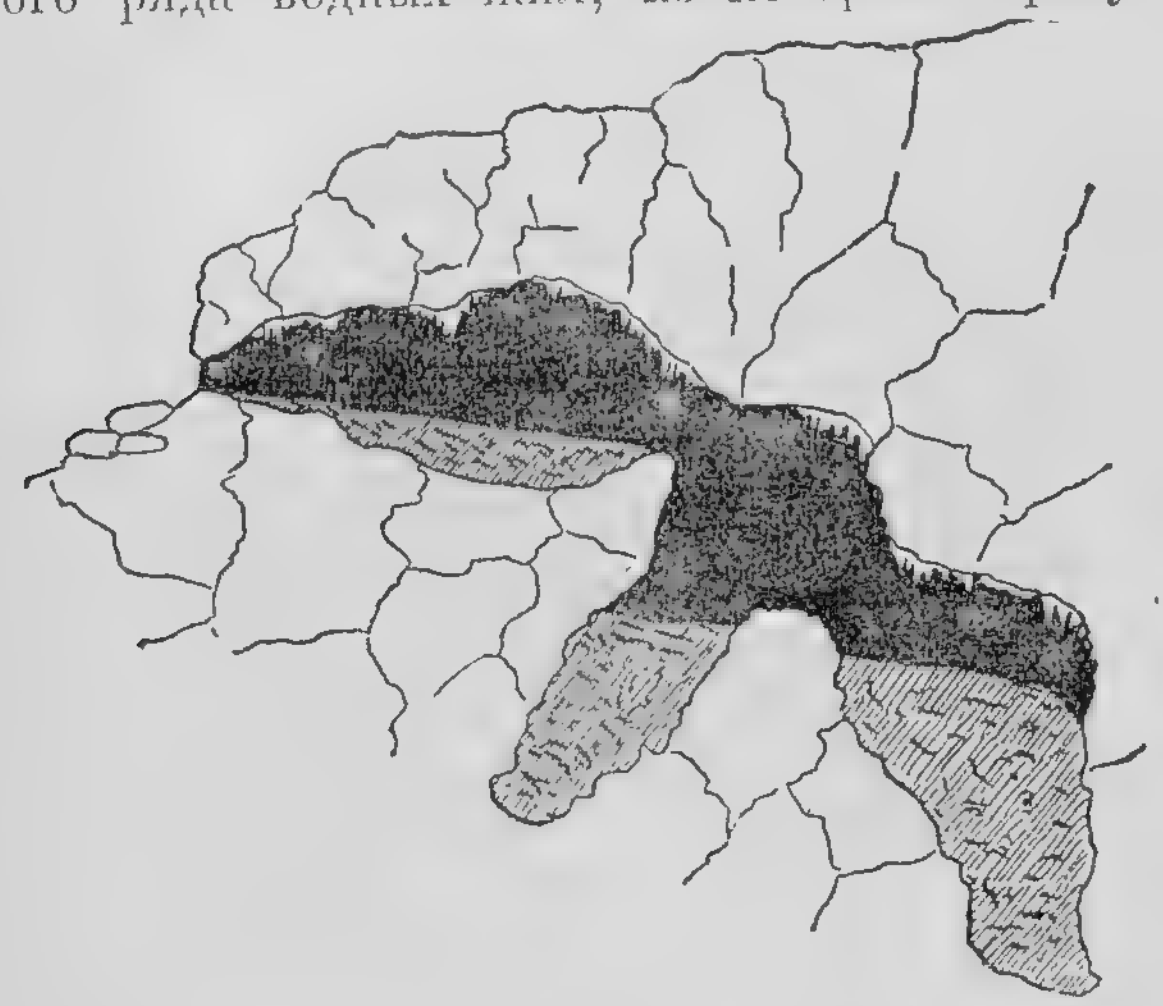


Рис. 35.

Разрез через сталактитовую пещеру во Франконии. Налево низкий вход, с потолка свисают местами сталактиты; мешковидные углубления на дне заполнены пещерной глиной.

наконец, подземная река. Или в подобный ряд пещер уходит река, текущая по поверхности, и через некоторое время снова выходит с прежней силой. Расширенная трещина сброса может дать то же самое. Так об'ясняется известное соединение рек между Рейном и Дунаем и некоторых подземных водотоков в пещерах Карста. (См. доп. 10).

Задачи.

58) Чтобы снять план пещеры пользуются вышеописанным горным компасом. Представим себе среднюю линию пройденного пути составленною исключительно из прямых линий (рис. 36), длина которых измерена от одного пункта поворота до другого. От этой линии, отмечаемой на дне мелом или шнуром, измеряют расстояния в стороны до стенок пещеры. Обращают особенное внимание на углубления дна

Рис. 36.

План пещеры, снятый путем измерения средней системы линий (абсцисс) и боковых, перпендикулярных к ней линий (ординат).

пещеры (часто скрытые насталагмитами), наполненные глиной, содержащей кости, и собирают найденные там останки с возможной полнотой. Как раз кости более мелких животных (напр. сусликов, неструшек) имеют особенное научное значение.

59) Наблюдай, в какое время вырастают на 1 cm. сталактиты, часто образующиеся на своде в железнодорожных тоннелях, и сообрази, почему они образуются преимущественно в тех частях свода, которые находятся под растительностью.

9. Текучие воды.

Количество осадков, выпадающее в течение года в виде дождя и снега, в различных местах земной поверхности неодинаково и меняется также в зави-

сти от положения места. Количество это измеряют, выставляя открытый сосуд и определяя в миллиметрах высоту столба воды в сосуде. В некоторых пустынях дождя выпадает в год только 10 или 20 мм., в средней России количество осадков едва доходит до 500 мм., в жарком поясе оно может повышаться до 10000 мм. Если сравнить количество осадков какого-либо места за несколько следующих один за другим лет, то получится среднее количество осадков для данного места.

Часть осадков испаряется и поглощается растениями, а часть уходит в землю и после более или менее длинного пути выходит снова на поверхность в виде источников. Остальная часть стекает по поверхности, обмывает выветрившиеся склоны гор и смешивает свои мутные воды с чистой водой источников.

Богатство водой какой-либо страны зависит поэтому от сухости или влажности воздуха, которыми обусловливается образование осадков и их испарение, равно как и от характера растительности и водопроницаемости почвы, на которую падает дождь и снег. Поверхность разбитого трещинами известкового плоскогория, как Карст в Альпах, или вулканического конуса, образованного рыхлым пеплом, как Этна, несмотря на значительные бывающие там осадки, почти безводна.

В пустынях и полупустынях особенно легко проследить, что водность и длина рек обусловливаются количеством осадков и испарением. Многие сначала большие реки на своем дальнейшем пути становятся

все беднее водой и, наконец, совершенно теряются в песках. Реки юго-зап. Африки доходят до моря только после сильных ливней, некоторые реки Австралии текут в океан только зимой, и даже Нил на пути от Хартума до Каира становится все беднее водой.

Реки Средней Европы в течение целого года образуют непрерывное соединение между областью истоков и морем; они на своем пути становятся все многоводнее, в них втекают все новые притоки; они представляют собою важнейшую переносную силу для продуктов выветривания.

Рис. 37.

Течение Орлы в доледниковую эпоху. Она впадала в Заалу на западе около Заальфельда, в то время как у Пошнека впадал с севера маленький ручей, а по ту сторону водораздела такой же ручей тек в Заалу у устья теперешней Орлы.

Ручьи и речки протекают по самым глубоким ложбинам страны, и так как, благодаря выветриванию и сносу, а также движениям земной коры, поверхность страны с течением времени изменяется, то постоянно меняется и положение и направление текучих вод. Изменчивость рек становится особенно ясной, если мы проследим историю какой-либо маленькой или крупной реки геологически, а не за краткое время человеческой жизни; мы тогда убедимся, что почти каждая река с течением времени изменила свое направление и свою водную связь. Так,

Орла впадала раньше около Заальфельда (рис. 37, 38, 39), Ильм некогда тек на север от Веймара через Растенберг к Унструту, а Висла некогда вместе с Эльбой впадала в Северное (Немецкое) море (рис. 40).

Рис. 38.
Благодаря медленному понижению указанного водораздела установилось на некоторое время сообщение обоих ручьев.

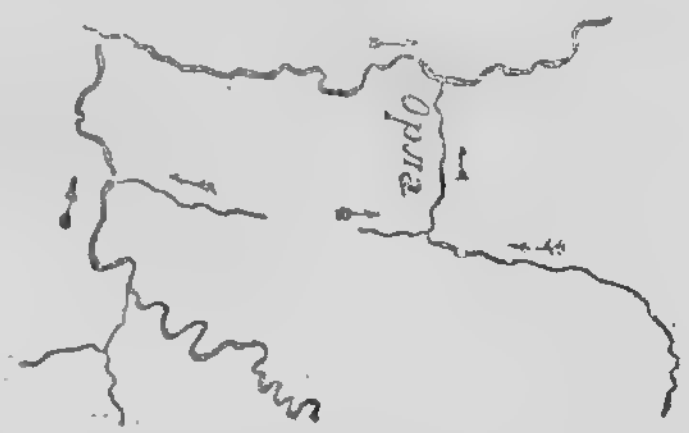


Рис. 39.
Так как между Поппеном и Заальфельдом образовалось небольшое поднятие, то Орла была вынуждена повернуть свое течение под прямым углом по руслу своего прежнего притока, на север, где она теперь и впадает у Орламонде, тогда как прежнее нижнее течение заглохло, и в его восточной половине протекает теперь в обратном направлении «Дикая Орла».

Если мы рассмотрим положение и направление рек на карте, то сравнение с геологическими особенностями страны покажет, что направление большинства рек, кроме наклона поверхности страны, в значительной степени обусловливается современным (и прежним) распределением твердых или мягких пород и положением крупных систем трещин.

Это не следует понимать так, что всякий участок реки обусловливается только современными геологическими особенностями земной коры. Иногда наблюдаются замечательные отклонения, и в таком случае можно нередко

доказать, что главные основы данной речной сети были заложены при прежнем положении вещей, когда ложбины стока лежали на более высоком уровне и над ними поднимались теперь уже разрушенные горы. Такие реки наз. «эпигенетическими».

Рис. 40.

Речная система северной Германии во время ледникового периода (толстые линии) по сравнению с теперешними наиболее важными реками (тонкие линии). Прежде Висла, вместе с Одером и Эльбой, впадала около Кукгафена, а впоследствии северные притоки этой ледниковой реки стали ложами для стока. Буквами обозначены наиболее важные города. К. Г. — Кукгафен.

Вследствие опускания равнины или поднятия горной цепи, река может получить обратное направление. Так, теперешние нижние течения Одера и Вислы были раньше руслами притоков, которые впадали в древнюю Вислу-Эльбу с севера. Когда бассейн Балтийского моря опустился, эти русла стали ложбинами стока больших отрезков прежде единой, теперь расчлененной системы рек. Точно также сред-

няя часть древней Орлы (Urorla), от Поцнека до Конитца, стала течь потом обратно.

В пределах своего общего направления всякая река изменяет свое течение еще в виде извилин, которые называют по известной классической реке «мэандрами» (рис. 41). Причины таких змеевидных извивов лежат в различии твердости пород берега; это обстоятельство сначала немного отклоняет течение реки (может быть, первоначально прямолиней-

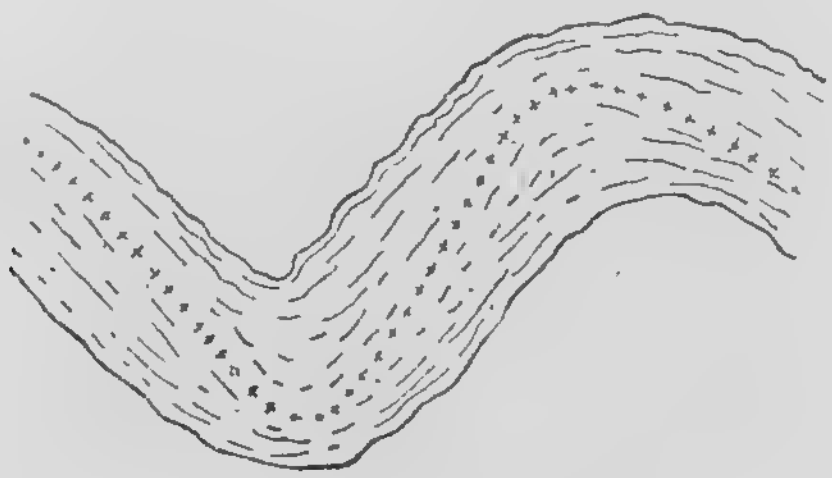


Рис. 41.
Положение стрежня (крестики) на поверхности извилистой реки.

ное), но потом напор воды направляется все сильнее на вогнутую дугу берега, тогда как выпуклый подтачивается менее. Таким образом извилистость становится все больше, пока, наконец, узкий полуостров не будет прорван, излучина реки не отделится в так наз. старицу или заводь, и прежний процесс не начнется снова.

Такие, отделившиеся при прорыве и постепенно заносимые песком и илом старицы должны быть изучаемы особенно тщательно при рассмотрении истории развития реки.

Наряду с положением и извилистостью речного русла, представляет интерес и наклон его от истока до моря. Угол, образуемый им с горизонталью, мы называем падением реки. Падение вообще всего больше в гористой области истока, затем делается положе в среднем течении, а в нижнем близко к горизонтальному. Если бы напор воды обусловливался только падением реки, то в верхнем течении река должна была бы изменяться всего сильнее. Но так как при этом оказывают влияние еще масса воды и свойства берегов, то могут происходить значительные перемещения русла и в среднем течении и в устье.

Рис. 42.
Возникновение озера (черное) благодаря запруде, образованной в долине или горным обвалом, или конечной мореной.

Если, в общем, по руслу реки может быть проложена постепенно понижающаяся кривая от истока до устья, то существуют, однако, причины, вызывающие понижение и поднятие этой линии. Если долину завалит горный обвал, или, вследствие местного поднятия, образуется запруда в долине, то река превращается в замкнутое озеро, которое ищет и, в конце-концов, находит себе выход (рис. 42). На запруде тогда образуется водопад или цепь порогов.

Такие же результаты получаются, если река протекает по породам различной твердости. Ложе ее

становится неровным вследствие вымывания более мягких масс.

Расширения рек (пруды и озера) мы опишем в следующей главе, а здесь рассмотрим только изменения уступов долины. Так как вымывающая деятельность воды усиливается с увеличением падения, то вода, падающая в водопаде, может вызвать

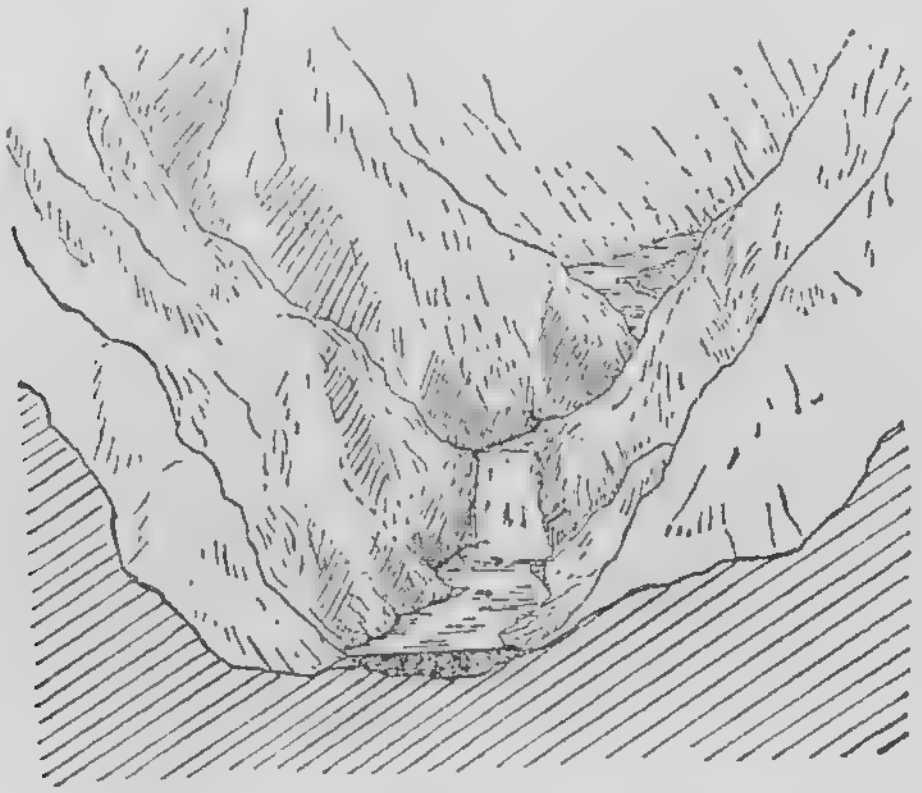


Рис. 43.
Первая стадия образования долины. Река врезывается в скалы, образует на твердой преграде водопад, при однородных же породах плоское расширение долины.

очень важные геологические результаты. Силой удара и при помощи приносимых ею камней она врезывается в скалистую преграду и выдалбливает в ней длинное узкое ущелье (каньон) (рис. 43). Известным примером такого образования является ущелье Ниагары в Сев. Америке. В более мягких породах образуется широкая долина, берега которой представляют речные террасы (рис. 44 и 45).

Очевидно, такая терраса должна лежать тем выше, чем она старше. Так как наиболее древние террасы подвергались более продолжительное время сносу, то, вообще, древнейшие следы прежних рек наблюдаются только в виде неясных остатков на более высоких боковых склонах долины, тогда как более молодые, ниже лежащие террасы заметны гораздо явственнее.

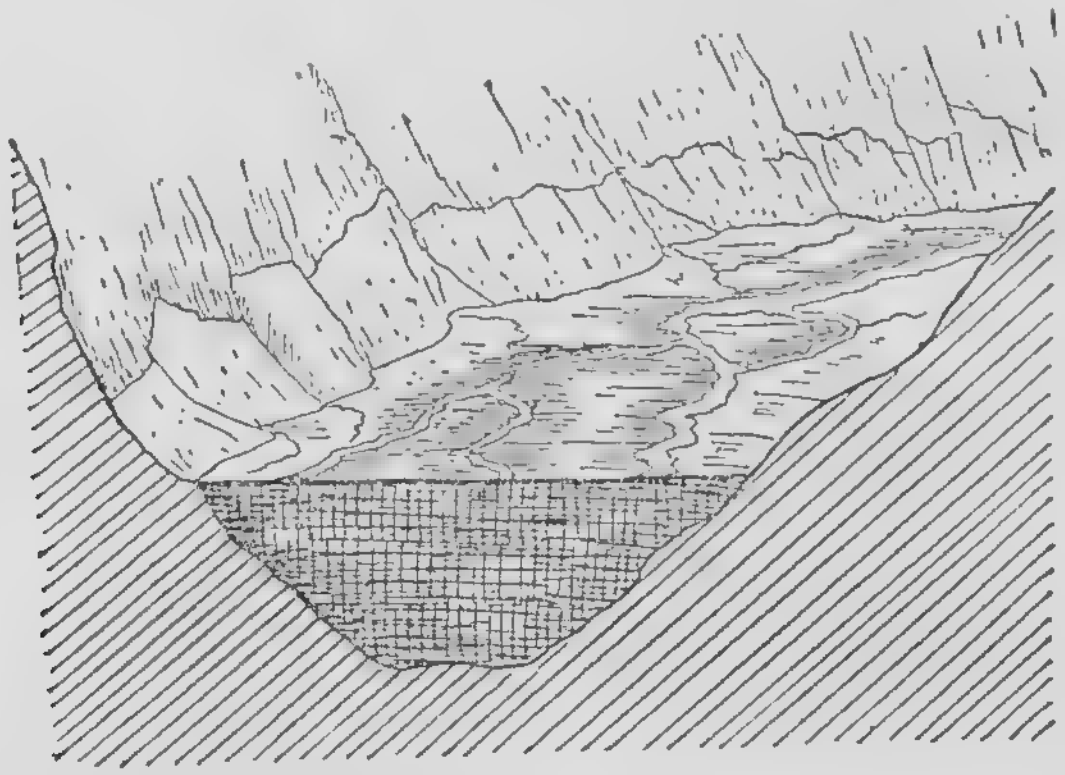


Рис. 41.
Долина, лежащая выше твердой скалистой запруды и заполняющаяся мало-по-малу песком и галькой.

Такое же значение, какое имеет на карте название реки, имеют для геолога принесенные рекой гальки, так как они дают, как мы это уже видели, ясное представление о всех находящихся в области истока и подвергающихся выветриванию породах.

Так как почти каждая часть долины построена из различно сгруппированных пород, гальки которых река сносит вниз по долине, то мы можем из верхней границы распространения галек определенных пород

сделать заключение о распространении этих пород по берегам реки.

Познакомившись с характером галек и научившись относить их к породам, находящимся в верхнем течении реки, можно приступить к задаче выяснения прежнего направления этой реки в данной местности.

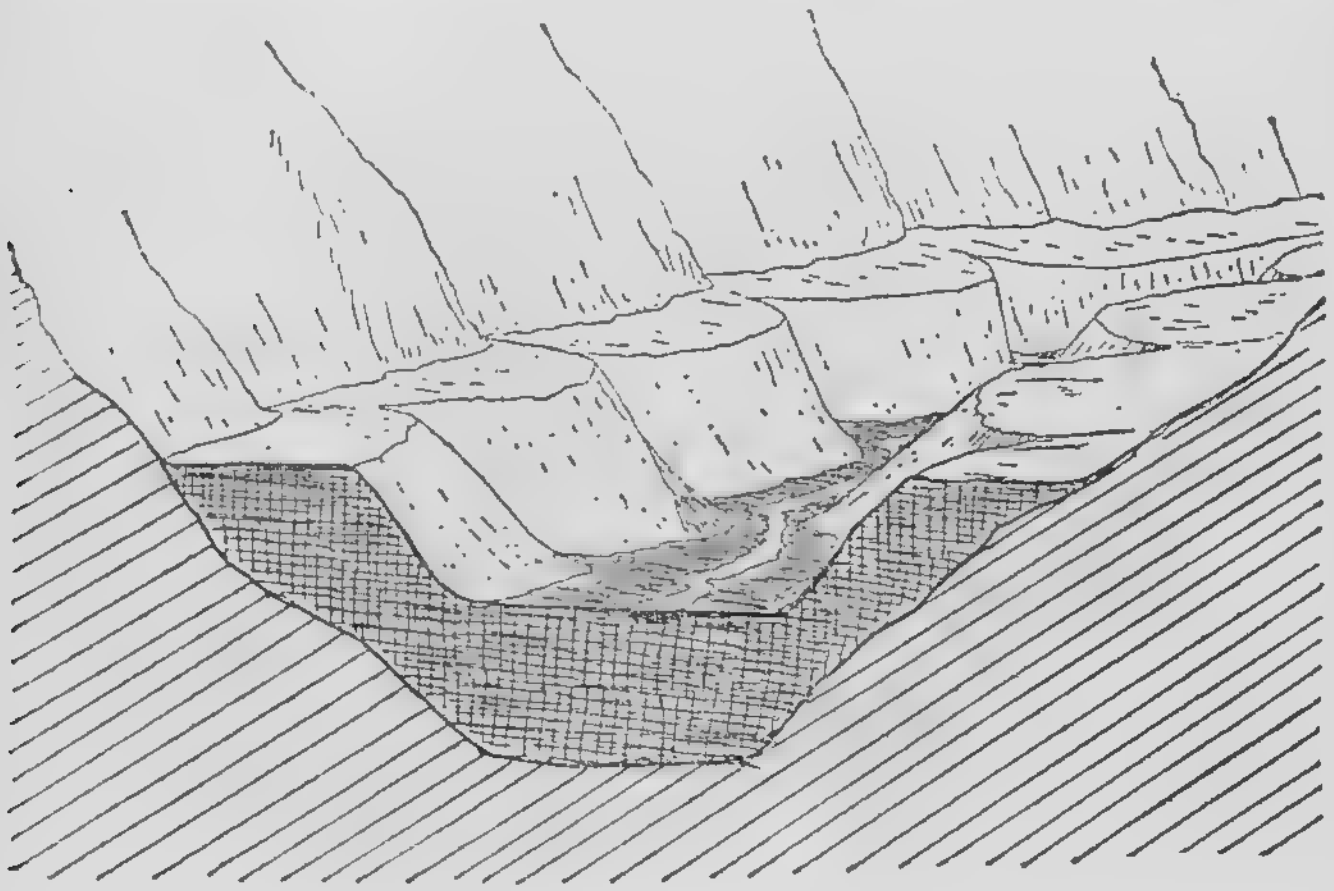


Рис. 45.

Река в виде водопада прорвалась сквозь скалистую преграду и теперь снова врезывается в прежние песчаные наносы. На обоих склонах долины образовались террасы, которые в свою очередь разрезаются притоками на отдельные щебневые выступы.

Иногда эта работа бывает легка, если можно проследить топографически ясно выраженные речные террасы по склонам долины. Тогда легко найти на них галечные отложения старого русла реки (рис. 45).

Но часто такие отложения впоследствии маскируются и сохраняются только местами (рис. 47)

на более высоких склонах гор. Одинаковый состав гальки с той галькой, которую мы находим на дне нынешней долины, доказывает, однако, нам,

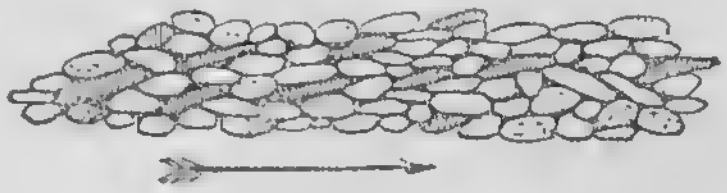


Рис. 46.

Расположение плоских галек в их отложениях часто обнаруживает (штриховано) пологий, направленный против течения (стрела) прежней реки, наклон. На основании этого можно определить направление давно исчезнувшего потока.

что это была та же река, которая протекала тогда, может быть, на 50 м. выше. О прежнем направлении реки можно сделать с некоторой вероятностью за-

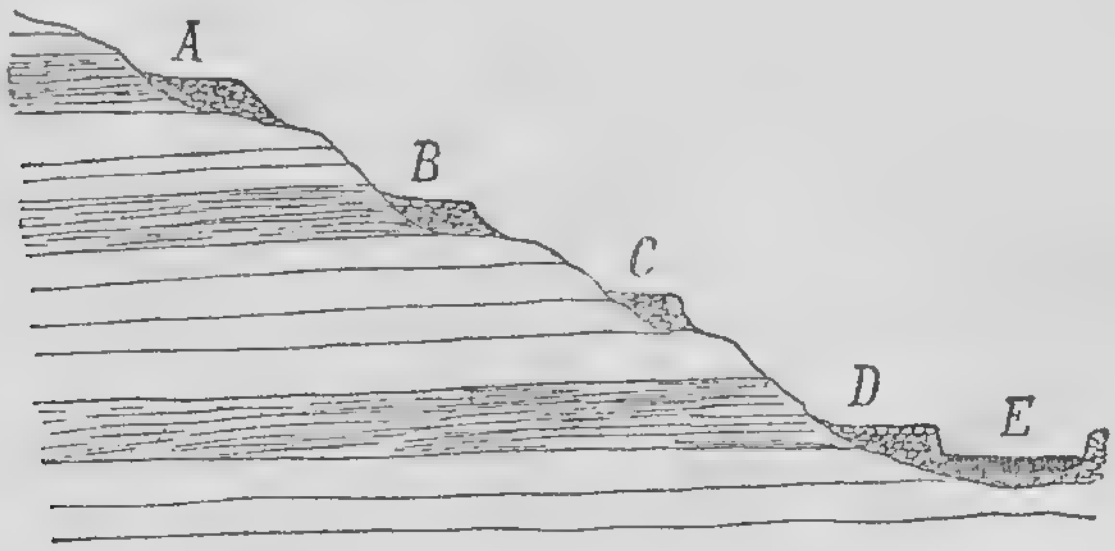


Рис. 47.

Отложения (галечные террасы) реки, которая постепенно углубляла свое русло. Самая старая речная терраса лежит в *A*, самая молодая — при *D*; она недавно снова была прорыта рекой. Террасы *A*—*D* не соответствуют внутреннему строению пластов местности, но насыпные; терраса между *D* и *E* снесена.

ключение из распределения плоских галек, так как они, как показывает рис. 46, поставлены несколько наклонно к направлению течения.

Проследив таким образом древние речные отложения по скалистым склонам долины вплоть до горных вершин прорезанной рекой страны (рис. 45 и 48) и сделав из этого вывод, что река за истекшее время врезалась в твердую горную породу примерно на 100 м. глубины, можно, пожалуй, предположить, что река прежде была богаче водой и что выполненная ею работа может быть об'яснена только большей силой ее прежнего напора. Но такое заключение было бы ошибочно: если мы тщательно изучим современные изменения долин, то мы убедимся в деятельности бесчисленных сил, которые хотя и малы и незаметны, но могут в течение продолжительного времени вызвать гигантские результаты. От берега реки до высших вершин соседних гор всюду работает физическое, химическое и органическое выветривание. Под влиянием силы тяжести смоченный дождями покров из продуктов выветривания постепенно сползает вниз по горным склонам. Ливни, землетрясения и обвалы ускоряют этот процесс. Он может местами остановиться, но он постоянно возобновляется, и, таким образом, в течение столетий и тысячелетий со всех гор в береговую область стекает громадное количество выветрившихся и размельченных пород.

Если предоставленная самой себе река размывает свои берега, то она захватывает принесенные в нее тысячами мелких струек размельченные в песок или в ил горные породы со склонов долин. Русло реки, следовательно, подобно бесконечному товарному поезду, который постоянно катится к морю и

вагоны которого обыкновенно несут только на дне каменный груз, тогда как после дождливых дней они наполнены до краев песком и илом.

Размывающая деятельность реки не только углубляет ее русло, но и расширяет в то же время всю ее долину. Если мы на склонах гор находим еще остатки старого галечного наноса, то они свидетель-

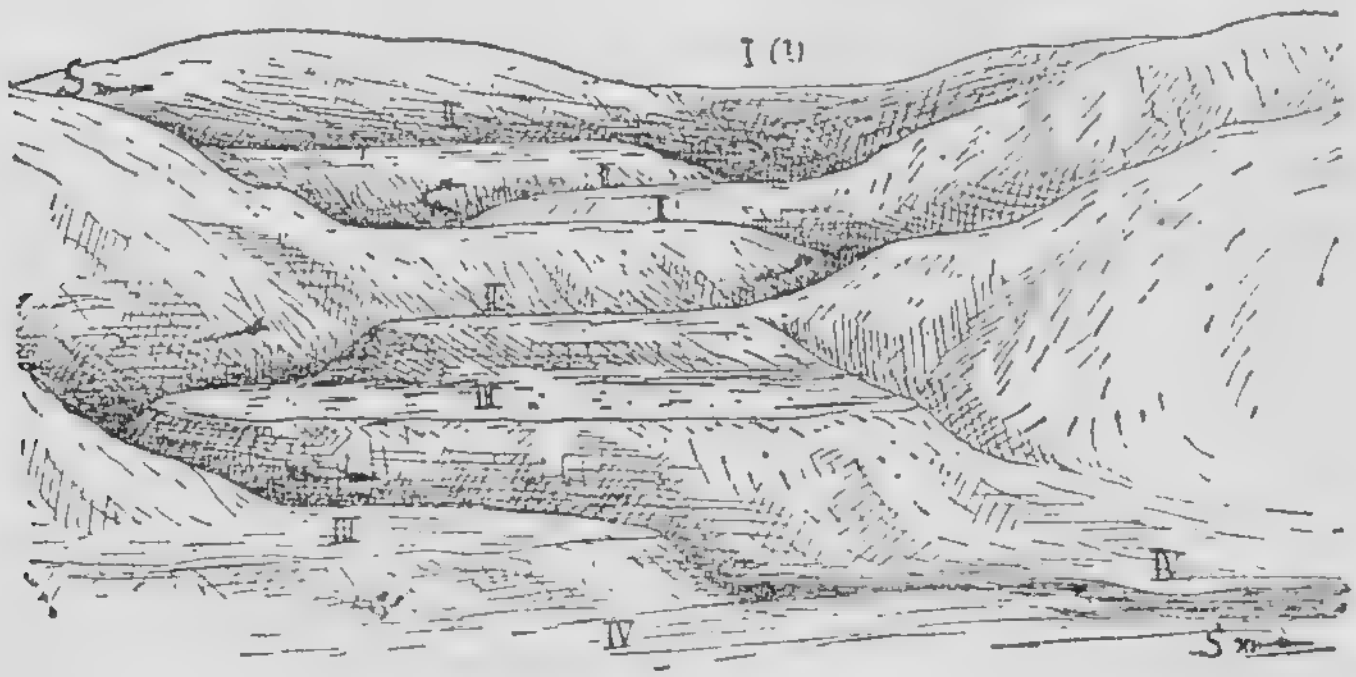


Рис. 48.
Старые речные террасы в области верхней Заалы. Стрелки указывают направление очень извилистой реки. Поднимающиеся тут сланцевые горы обнаруживают сверху вниз (I, II, III и IV) различные террасы, указывающие, что река ритмически углубляла свое ложе и в известное время протекала по однородной долине

ствуют только, что на этой высоте некогда было самое глубокое место речного русла, а вовсе не говорят в пользу того, что по всей долине одновременно неся громадный поток. Только в виде исключения можно видеть в таких галечниках свидетелей больших ливней или подобных редких явлений природы.

Однако, работа геологических сил в долине реки не исчерпывается сказанным до сих пор. Иногда

образуются столь громадные массы продукто́в выветривания, что переносящая сила реки становится для них недостаточной. Тогда соответственный участок долины заполняется гравием и песком, часто на значительную высоту (рис. 44). Бывает, что выходящая на равнину река несет столь огромные массы песку и галек, что поднимает свое ложе выше равнины. Так, многие речки в верхней долине Рейна и в долине По текут по длинным, созданным ими самими дамбам; люди только содействуют этому процессу.

При другом положении вещей может измениться падение реки или уменьшиться приток продуктов выветривания. Тогда снова начинается размывание, и образовавшиеся до того наносы снова сносятся (рис. 45).

Так как все эти процессы встречаются в разнообразных комбинациях в одно и то же время или последовательно, то создается весьма сложная картина долинных уступов и скоплений гальки на дне и на склонах большинства долин.

Задачи.

60) Определи количество осадков в особенно дождливый день, потом в день с медленным обложным дождем (см. рис. 13).

61) Дождемером (рис. 13) можно пользоваться и для определения степени испарения в жаркий летний день, если наполнить его до известной метки водой, выставить на солнце и измерить в миллиметрах испарившийся столб воды.

62) Определи количество выпавшего дождя после продолжительной засухи, если почва очень сильно пересохла, до того

времени, когда на ровной поверхности образуются первые постоянные лужи, чтобы узнать массу воды, ушедшей в почву.

63) Чтобы определить, какое количество дождя поглощается сухой почвой, наполняют большой стеклянный сосуд сухой садовой землей, торфом или песком, измеренными в литрах, и пропускают через снабженную воронкой трубку (стеклянную или резиновую), которая доходит до дна сосуда, воду в небольших отмеренных количествах; как только вода смочит самый верхний слой, прекрати приливание. Определи при помощи массы употребленной воды различные величины, так назыв. об'ема пор для различных сортов почвы.

64) Определи величину зерен переносимых рекой масс. Взвесь 1 килогр. высохшего на воздухе вещества и отбери прежде всего наиболее крупные каменки, которые должны быть взвешены. Просей остаток через сито с отверстиями в 2 мм. или через картонный ящик, на дне которого сделаны такие же дырочки; полученный после этого крупнозернистый материал (гравий) промывается, вес глины, оставшейся в промывавшей воде, определяется и после высушивания взвешивается. Если прошедший через сито материал пропустить через другое сито с дырочками в 1 мм., то можно отделить крупный песок от мелкого. При продолжительном встряхивании последнего в бутылке с водой отмываются глинистые составные части, которые взвешиваются вместе с глиной, полученной при промывании крупных частиц.

65) Потри одну о другую две речные гальки, различно окрашенные и различной твердости и рассмотри натертый порошок в лупу. Легко заметить, что порошка, оттертого от мягкой породы будет больше.

66) В русле текущей воды гальки определенной породы встречаются только до верхней границы этой последней. Вследствие этого в покрытых лесом и заросших горах можно легко определить распространение главных пород или окаменелостей.

67) Сравни среднюю величину гальки различных текучих вод. В общем (исключения должны быть приняты во внимание

и причины их должны быть найдены) река переносит тем более крупные камни, чем больше ее падение.

68) Определи падение реки. Измерь длину извилистого течения реки по карте между точками различных изогипс (ср. гл. 17) посредством наложения влажной нити.

69) Определи отношение длины нити к расстоянию двух мест по прямой линии, чтобы можно было сравнить степень извилистости в различных местах и выразить ее в числах.

70) Начерти продольный профиль реки или ручья, проходящего через озеро или пруд, приняв в расчет поверхность уровня воды и характер дна, определенного при помощи лота.

71) Наполни ступени каменной лестницы глиной так, чтобы они образовали наклонную плоскость, и лей на эту поверхность воду. Вода начнет углубляться в глину, заполняющую ступени, и образует маленькие желоба для стока, которые скоро покажут, что различная твердость пород легко вызывает образование уступов и водопадов.

72) Чтобы сделать модель течения реки, определи ее поперечный разрез через правильные промежутки в 10 или 20 м. и вырежь эти разрезы из картона. Следующие один за другим поперечные разрезы прикрепляются при помощи проволок в должном порядке к доске и их нижние стороны соединяются узкими наклеенными лентами или шнурами.

73) Повторяй эту работу в следующие один за другим годы, особенно если в это время выпадали ливни, чтобы определить изменения русла реки. Необходимо только измерять при одинаковом стоянии воды.

74) Собери все, даже только по одиночке встречающиеся, виды галек в отложениях реки и постарайся найти место их происхождения. Вместе с тем сравни состав отложений гальки на более высоких террасах той же реки.

75) Обрати внимание на число известковых галек в различных участках речной системы, так как они особенно легко истираются и исчезают.

76) Сравни форму и величину галек той же самой породы в различных местах течения реки.

77) У южного края северного моренного покрова ледникового периода очень важно различать, образовано ли отложение материковым льдом или древней рекой. Обращают внимание на глинистую почву полей или на ямы для добычи глины, не лежат ли там наряду с местными гальками также куски красного гранита или бурого, с белой коркой кремня. Они служат большею частию указанием на северное происхождение.

Затем берут из глинистой почвы с глубины в 20 см. пробу около 100 гр., промывают ее на блюде, пока вода более не делается мутной. Высушенный остаток просевают через мелкие сита с поперечниками отверстий в 0,5, 1, 2, 3 мм. Если самый мелкий остаток состоит преимущественно из песка вместе с осколками кремня, белых мшанок (маленькие веточки с решетчато расположенными круглыми отверстиями), красного гранита и полевого шпата, то отложение глины можно считать моренным образованием северного материкового льда.

Если подобные отложения вне нынешних долин уже промыты талыми водами ледниковой эпохи, то они оказываются бедными глиной. Если остаток от промывания состоит преимущественно из типов местных горных пород, какие несет соседняя река, то имеют дело с прежним речным осадком.

78) Для пояснения размывающей деятельности реки служит следующий прибор (рис. 49). На пустом ящике, имеющем спереди отверстие, укрепляются при помощи столбиков с фальцами четыре стекла. В дне ящика находится, начиная спереди до средины, ряд дыр в 5 мм. шириной на расстоянии 1 см., лучше всего в неглубокой щели (разрез смотри рис. 50). Одна дыра в средине дна может быть величиной в 1 см. Под просверленной щелью находится подвижной (*a*) деревянный брусок (рис. 51), имеющий на переднем конце щель в 1 мм. шириной и 5 см. длиной. Кроме того, в средине его находится дыра в 1 см., которая приходится как раз под центральной дырой дна стеклянного ящика, если щель в передней части бруска выступает из ящика.

79) Наполняют весь ящик хорошо просеянным песком и медленно оттягивают назад нижний брусок, отметив черниль-

ной чертой высоту песка на передней стеклянной стенке. Сначала течет только немного песку через щель, но по мере того, как открываются одна за другой дыры в дне, сверху образуется углубление (долина), становящееся мало-по-малу глубже и шире; поперечный разрез его постоянно отмечается чернилами. Широкую полосу картона (*B*), на которую стекает песок, медленно тащат вперед, и, таким образом, можно изобразить размывающую деятельность текучей воды. Если вместе

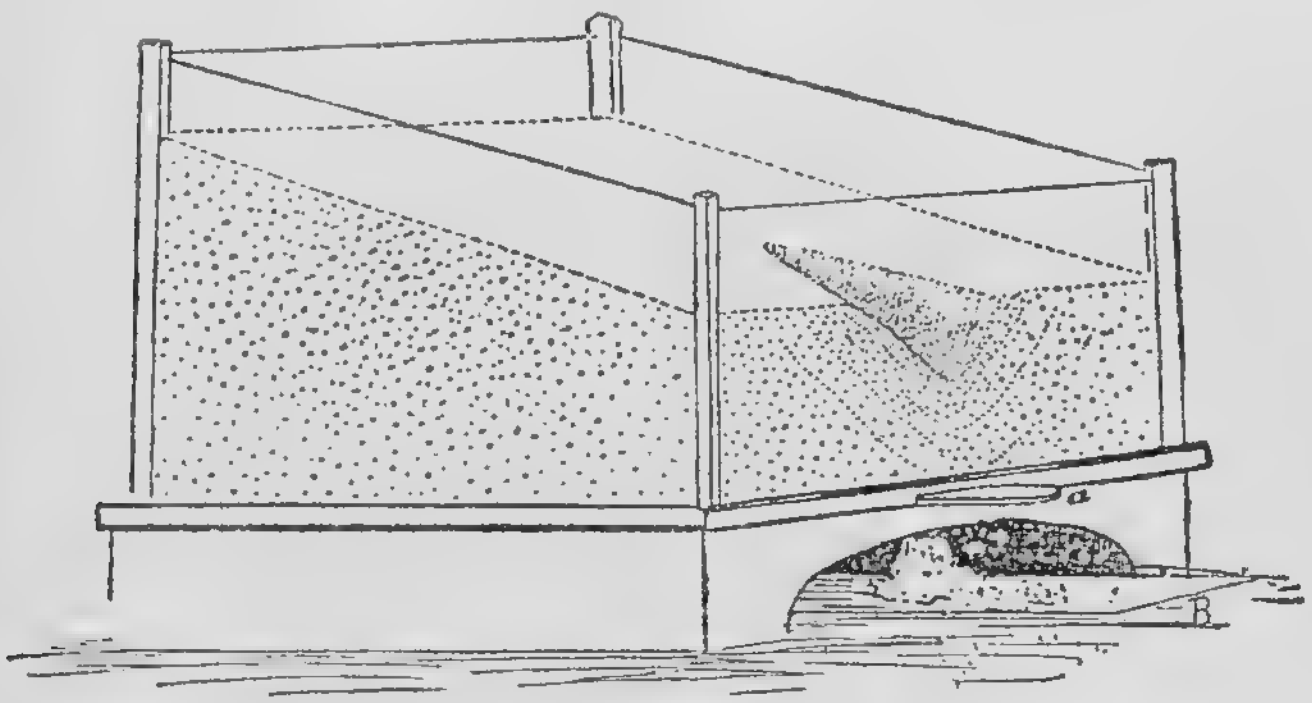


Рис. 49.

с средним бруском приделать еще два бруска, отходящие в стороны под рядами дыр, то легко можно показать, как главная долина разлагается на побочные.

80) Насыпают конусообразную кучу просеянного песку в средину ящика и открывают среднюю дыру, сдвигая брусок; тогда песок вытекает и образуется кратерообразная куча песку, которая может служить для пояснения кратера или (если покрыть стеклянной пластинкой, на которую насыпается невысокое кольцо песку) для изображения кольцеобразного атолла (ср. гл. 15 и 11). Описанный ящик с песком (рис. 49, 50, 51) может быть легко изготовлен любым столяром.

81) Произведи с небольшого расстояния фотографическую с'емку:

а) распределения галек и глыб в русле потока при очень низком стоянии воды;

b) крутого берега;

c) обоих склонов сухого русла, по которому вода идет только после сильного дождя или при таянии снега и которое расширено выветриванием.

d) щебневых осыпей или других покрытых наносами склонов.

Установи при этом камеру на камень или древесный пень, или на место, точно отмеченное, напр., вбитым колом или вры-

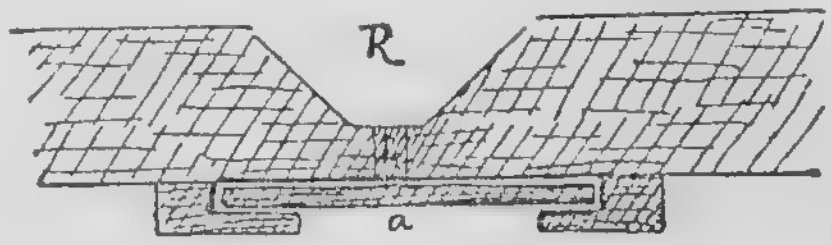


Рис. 50.

тым камнем, или измерив его положение, по крайней мере, от трех соседних определенных пунктов. Далее, измеряй всякий раз высоту об'ектива над местом установки, а также в мм.

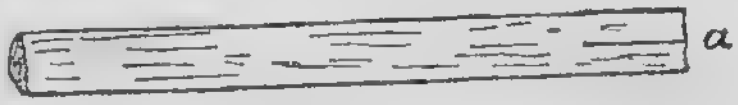


Рис. 51.

фокусное расстояние a, т.-е. расстояние между матовой пластинкой и срединой об'ектива.

82) Повтори годом позже с'емки с тем же аппаратом, на том же месте и при той же высоте об'ектива. Установи потом точно путем тщательных измерений циркулем или миллим. линейкой и лупой на фотографических снимках, снятых в различные годы, какие изменения произошли в положении заметных предметов, находящихся рядом или один над другим. Если a — измеренное фокусное расстояние, v — измеренный на фотографии вертикальный или горизонтальный сдвиг двух приблизительно равно удаленных пунктов, A — расстояние их в метрах от об'ектива, то можно вычислить соответствующее изменению в изображении действительное изменение по формуле $V = v\frac{A}{a}$. Напр., при $a = 0{,}21$ m., $A = 10{,}5$ m.,

$v = 1{,}8$ mm., $V = \frac{10{,}5}{0{,}21} \cdot 1{,}8 = 9$ cm.; или расстояние между обоими пунктами изменилось примерно на $^1/_{10}$ метра.

83) Если нельзя сделать фотографического снимка, то сделай набросок положения отдельных выдающихся пун. тов относительно стоящих за ними деревьев или прочно лежащих камней, пользуясь саженью или рулеткой. Иногда на протяжении сухого русла находятся стоящие одно против другого деревья, по которым могут быть сделаны измерения соединяющей линии, размеченной шнуром. Повтори эти измерения на следующий год.

84) Натяни на месте изгиба какого-либо ручья между 2 деревьями, удаленными метров на 50 или более между собою, веревку и измерь ее отрезки между точками пересечения с краями склонов берегов ручья. Повтори измерение спустя год.

85) Проследи, как сдвигается на дне ручья вниз по течению песчаная рябь. Нарисуй направление и распределение ее на том же берегу (рис. 19) в разное время.

10. Стоячие воды.

Многие ручьи и реки расширяются на своем пути в пруды или озера, лежащие или близ истоков или в среднем и нижнем течении реки. Только в редких случаях отсутствует поверхностное сообщение с текучими водами; но и тогда легко можно доказать связь с подземными грунтовыми водами.

В пустынях и полупустынях озера имеют особое значение: они представляют тут громадные испаряющие бассейны, в которых иссякают реки, не доходя до моря. Характерные примеры представляют Каспийское и Аральское море, Мертвое море, Лоб-нор и Большое Соленое озеро в Сев. Америке. Соли, растворенные в испаряющейся воде, скопляются в

таких бассейнах все в большем и большем количестве (соленые озера).

Насколько разнообразна форма и величина озер, настолько же различны способы образования впадин, составляющих их ложе. Уже раньше было сказано, как река превращается во временное озеро вследствие запруды, если долину сузит обвал горы или в ней поднимется скалистая преграда. Многие озера на окраине Альп были выпаханы глетчерами

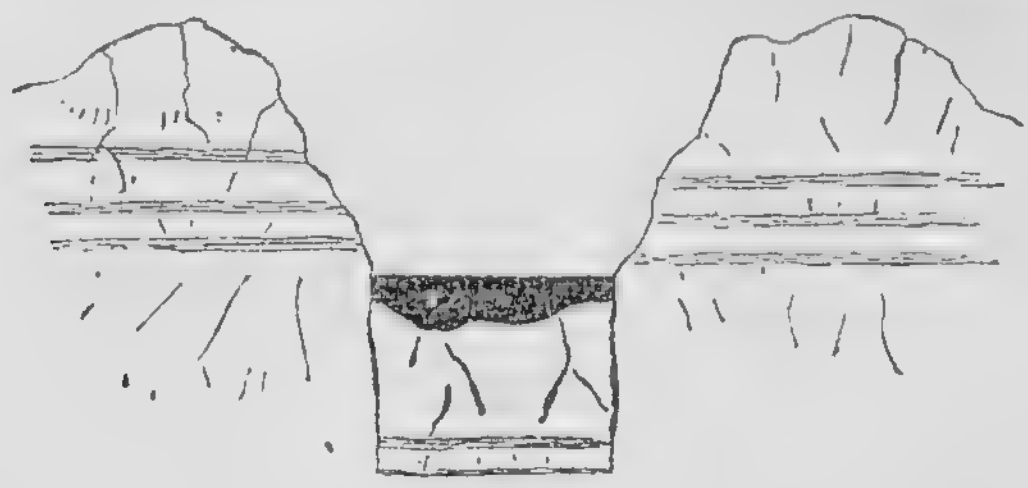


Рис. 52.

Образование озерного бассейна (черный) благодаря опусканию части земной коры (грабен) между двумя горными массами, оставшимися в прежнем положении.

ледниковой эпохи в рыхлом наносе; другие были вырыты в конце ледниковой эпохи водой, прошедшей от таяния глетчеров. Кенигзее и ему подобные водные бассейны, окруженные крутыми скалистыми берегами, образованы опусканием (сбросом) больших участков земной коры (рис. 52).

Многие мелкие озера образовались благодаря провалам. Следует отметить также способ образования озер в кратерах или мар.

Из всех географических форм ландшафта озера самые изменчивые и преходящие. В истории разви-

тия больших нагорий образование озер представляет вполне определенную стадию, и по мере того, как горы стареют, исчезают постепенно и эти водные бассейны.

Исчезновение озер обусловливается чаще всего заполнением их наносами. Галька и песок откладываются во время половодья в верхнем и среднем течении реки только с тем, чтобы их унесла дальше следующая высокая вода, но в озерных бассейнах

Рис. 53.

Заполнение озера, в которое при *A* впадает река, песчаным дельтовым конусом (с дельтовой слоистостью). Справа врастает в озеро пловучий дерн; он плавает некоторое время в виде пловучего острова или погружается, и тогда дно озера повышается вследствие образования черного ила.

они успокаиваются на долгое время. Медленно выдвигает река насыпной конус (дельту) в озеро и уменьшает его бассейн (рис. 53). Если река течет по направлению длины какого-либо озера, то оно постепенно становится короче (Рона — Женевское оз., Рейн — Боденское). Если река впадает поперек озера, то ее дельта может разбить прежде единое озеро на два бассейна (Лючина — Бриенцкое и Тунское озера).

Река несет песок и ил до средины озера и распределяет их горизонтальными слоями по дну его. При этом глубина и масса воды в озере становятся

меньше. Вычисляя количество щебня, песку и ила, приносимого в половодье, можно установить, сколько нужно дней высокой воды, чтобы заполнить весь бассейн озера.

В заполнении озера принимают участие и живые существа. Тысячи улиток и моллюсков населяют воду; их раковинки после смерти животных распадаются в конце-концов в мелоподобную известковую массу, известную под названием *озерного мела*.

Более важно участие в заполнении озер растений. Камыш, мох, водные растения, наконец, травы и кустарники разрастаются в озере, начиная с берега. Под водным покровом вещество растений разлагается, и таким путем образуется бурая масса, называемая перегноем, или *торфом*. На поверхности озера может случайно образоваться плавучий растительный покров, который, превращаясь во время бури в плавучий остров, наконец погружается на дно. Река приносит также мертвые остатки растений и увеличивает массу гумуса. Таким образом озеро превращается в *торфяник*. Подобные болота занимают иногда обширные пространства.

Заполнению бассейна стоячих вод помогают и химические осадки. Под дерновым покровом болотистых лугов, в отводных канавах и мелких лужах, берега которых состоят из желтой, содержащей железо глины, образуются живыми или гниющими растениями слабые (гумусовые) кислоты, которые растворяют часть содержащихся в глине железистых соединений. Железистый раствор просачивается дальше, и когда гумусовая кислота, при доступе к

стоячей воде кислорода, превратится в углекислоту, то железо выделяется. Поверхность воды покрывается крайне нежной, отливающей цветами радуги пленкой, которая утолщается, окрашивается в желтый или бурый цвет и ключьями оседает на дно. Так с годами образуются массы так назыв. болотной руды.

Задачи.

86) Образование провала можно легко произвести, если поместить мешочек, наполненный солью (= отложению каменной соли), между слоями земли в ящике с продырявленным дном и увлажнять его осторожно из лейки. Когда соль растворится, находящийся над ней слой земли опустится в виде воронки.

87) Измерь поверхность пруда или озера, пользуясь картой. Обведи на копировальной бумаге его контур, разбей его площадь на сеть квадратов со сторонами в 1 см., высчитай, сколько приходится на отрезки квадратов, покрывающих берега, вычти их общую площадь и умножь найденное число на квадрат масштаба карты (ср. гл. 17).

88) Площади стоячих вод неправильной формы можно вычислить еще следующим образом. Вырезают прямоугольник из плотной бумаги, так чтобы измерением длины стороны (до долей мм.) поверхность прямоугольника могла быть определена точно. Этот прямоугольник накладывают на мензульную планшету или карту и вырезают из него неправильную поверхность. Обе части прямоугольника взвешивают порознь и вместе на точных аптекарских весах. Если теперь помножить отношение веса вырезка к весу целого прямоугольника на поверхность последнего, то получится площадь вырезка в кв. mm., а из последней, помножая на масштаб карты, легко получить поверхность в кв. метрах.

89) Об'ем озера легче всего вычислить, если умножить его среднюю глубину на величину его поверхности.

90) Исследуй качество дна озера при измерении его глубины вдоль протянутой через озеро веревки (см. зад. 35). Груз (лот),

привязанный к лиию, должен иметь на нижнем конце небольшое углубление, которое намазывают салом при каждом промере. К салу легко пристает так наз. проба или образчик дна; величина зерен (гравий, песок, ил), цвет, обилие растений наносятся на карту дна озера.

91) Определи количество наносов, принесенных в один из дней половодья ручьем или рекой в пруд или озеро, и вычти отсюда массу осадков, которую уносит река, вытекающая из озера. Вычисли об'ем озера и высчитай, сколько нужно дней половодья, чтобы совершенно заполнить его.

11. На морском берегу.

Если пресная вода в устье большой реки приходит в соприкосновение с соленой водой моря, то обе жидкости смешиваются, и происходящая от этого полусоленая вода обнаруживает большие различия в содержании солей. Встречаются все переходы от нормального количества соли в море, составляющего 3,5%, до вполне пресной воды. Все эти смеси постоянно меняются благодаря течениям, ветрам и волнам. Только немногие животные и растительные формы обитают в этих переходных областях, и только на глубине, где собирается более тяжелая соленая вода, попадаются настоящие морские организмы.

В поясе полусоленой воды все частички речного ила быстро падают на дно, образуя мели, острова и песчаные банки. Вследствие этого около каждого морского берега тянется полоса шириной во много миль, дно которой покрыто материковыми продуктами разрушения пород, не достигающими глубокого бассейна океана.

На берегу моря мы прежде всего обращаем вни-

мание на пограничную линию, по которой море соприкасается с сушей. Прежде думали, что эта линия проходит неизменно на одной и той же высоте, и все измерения высот относили к уровню «моря». Позднее убедились, что этот уровень у различных берегов стоит на различной высоте. Вследствие этого теперь нивелируют по условным маркам; в Германии за такую марку принимают нормальный нуль, имеющийся в погребе Берлинской обсерватории и соответствующий среднему стоянию моря около Амстердама. (На каждой большой железнодорожной станции имеется отметка, на сколько лежит выше NN (нормального нуля) определенная черта данного пункта).

Наблюдая долгое время на берегу высоту стояния воды полузамкнутого моря, каково Балтийское, легко проследить, отчего зависит высота уровня. Если дует долгое время ветер с востока, то уровень воды повышается на голштинских берегах; западные ветры пригоняют воду к финско-русским берегам; когда в области истоков Одера и Вислы наступает таяние снега, то поверхность Балтийского моря также повышается. (См. доп. 11.)

На океанических берегах замечается еще другое явление, зависящее от притяжения луны и солнца. Под зенитом этих обоих небесных тел образуется пологая водяная гора, которая вместе со светилами обходит кругом землю и поднимает уровень воды, приходя в соприкосновение с берегом. Такой под'ем мы называем прилив о м, а наступающее через 6 часов понижение уровня моря — отлив о м.

На южных берегах Немецкого моря разница уровней прилива и отлива составляет 1—2 м., на берегах Бретани превышение прилива над отливом доходит до 15 м.

При этих периодических колебаниях морского уровня некоторая полоса берега два раза в день осушается. Это — полоса отлива. На низменных берегах полоса отлива широка, на отвесных скалах можно прямо измерить расстояние между приливом и отливом.

На скалистом берегу о-ва Гельголанда можно производить очень разнообразные наблюдения. Вокруг южного берега острова при большом отливе обнажается широкая скалистая зона, поросшая лесом ленточных водорослей, ламинарий; волны моря образовали здесь пещеры и скалы и унесли тысячи кубических метров красного песчаника. Если надвигаются гребни волн со стороны открытого моря, то высота и сила их возрастает, как только они достигают более мелкой береговой зоны. Волны набегают и развивают при этом громадную силу. Соленая морская вода действует как химический растворитель и разрыхляет скалистую породу, а напор волн отрывает потом раз'единенные ее части. Прибой волн увлекает эти обломки, бросает их, как ядра, на скалистые стены и выдалбливает при помощи их широкую ложбину (линию прибоя) или цепь пещер в скалах. (См. доп. 12).

Деятельность прибоя усиливается живущими в его полосе организмами. Сверлящие моллюски, роющие черви и водоросли внедряются в скалы, ленточные

водоросли (Laminaria) прицепляются к ним и во время бури отламывают скалистые утесы; там, однако, где скалы прикрыты толстым слоем темно-зеленых фукусов, они, повидимому, защищены от действия волн.

На берегу Рюгена, между Заснитцом и Штуббенкаммером мы видим другое действие прибоя. Мягкий мел пронизан черными рядами желваков кремня величиной от ореха до размера головы человека.

Рис. 54.

Действие морского прибоя на скалистый крутой берег. Глыбы, разбитые трещинами благодаря морозу и выветриванию, отрываются высокими прибойными волнами и перекатываются одна через другую. При этом они округляются, становятся все мельче и когда скатятся в море, то их масса превращается в смесь камешков, песку и илу, которую морские волны снова промывают и сортируют.

Над мелом залегает глинистая, наполненная валунами, основная морена ледникового периода. Обе породы легко истираются волнами, и после каждой бури береговая вода мутится от глины и мелового ила. Желваки кремня и валуны, однако, остаются и образуют галечный берег, покрывающий подошву скал (рис. 54).

Многие участки северных берегов Германии образованы намывными песками. Желтый кварцевый

песок получился большей частью от размывания песчанистой валунной глины, оставленной ледниковою эпохой. Глинистые составные части этой моренной породы были смыты в море, а на неглубоких местах и на берегу остался отмытый песок. Также и другие, особенно более тяжелые составные части осадка (гранит, магнитный железняк), могут местами отлагаться слоями.

Набегание волн покрывает песок параллельными бороздками (волно-прибойные знаки), более сильные волны выбрасывают песок на берег, где его сушит ветер. Песчинки начинают тогда двигаться и, так как ветер днем дует обычно с моря, они катятся в сторону суши. Неровности почвы вызывают образование невысоких песчаных куч, которые растут при каждой буре, сливаются между собой и превращаются постепенно в цепь пологих песчаных холмов. Поверхность этих холмов (дюн) обнаруживает часто такую же рябь, как песчаное дно вблизи берега, но тут их создал ветер и они в дюнных областях часто покрывают берег на больших пространствах (ср. рис. 19).

Образование таких скоплений песку наблюдается особенно хорошо в песчаных пустынях, где можно видеть, как сначала неправильные пологие кучи песку скоро принимают вид плоских щитов, от которых на стороне, противоположной ветру, отделяются два коротких рукава. Щитообразная первичная дюна приобретает вследствие этого сердцевидную форму, и по мере того как она становится выше и шире, получаются очертания обращенной к ветру конской подковы — дуговидная или сер-

повидная дюна. На береговых дюнах нередко можно еще заметить, что отдельные дюны имеют вид плоских дуг, которые с наветренной стороны поднимаются полого, а на подветренной стороне обрываются круто (рис. 55, 56).

Часто можно видеть, что старые дюнные области снова потревожены прибоем или сильной бурей; при этом обнаруживается различие форм песчаных скоп-

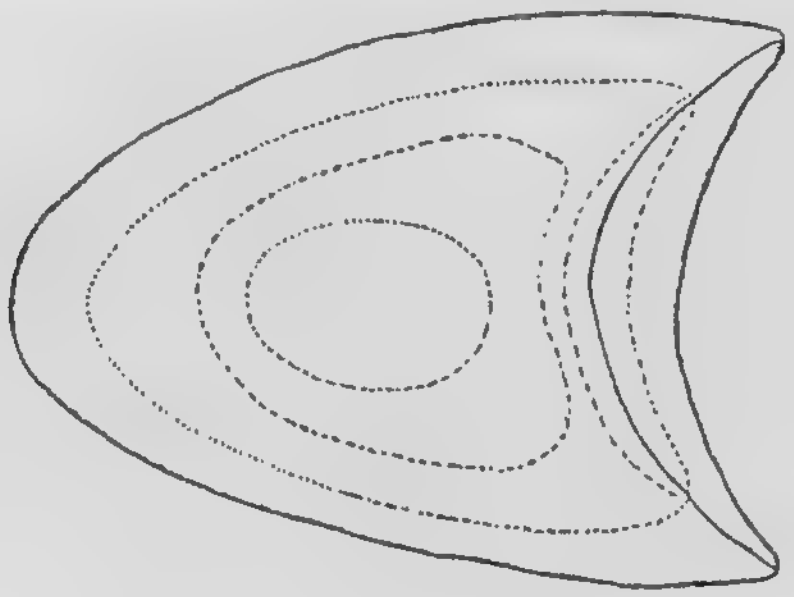


Рис. 55.
План постепенного преобразования неправильно округлой песчаной кучи дующим слева ветром сначала в сердцевидную, а затем в подковообразную дюну.

лений и разнообразие слоев внутри одной и той же дюны.

Как только дюны возрастут до известной высоты, они начинают двигаться. Ветер сносит песок с наветренной стороны и заставляет его падать на подветренную. Вследствие этого гребень дюны сдвигается вперед, и песчаный холм переходит через болота и луга, через леса и селения. Подвижная дюна останавливается только тогда, когда ее поверхность покроется толстым войлоком корней песчаного

овса или других дюнных растений. Забивая столбы или делая отметки на стволах деревьев, можно легко измерить движение дюны и определить время, в течение которого она пройдет определенное расстояние.

Особой разновидностью дюн являются косы, т.-е. длинные песчаные цепи, отделяющие прямолинейно береговую бухту (гаф, лагуну, лиман) от открытого моря. Если берег, на котором есть бухта, в течение большей части года обдувается ветрами, дующими не перпендикулярно, а под углом к берегу, то вызванные ими волны взбегают по направлению

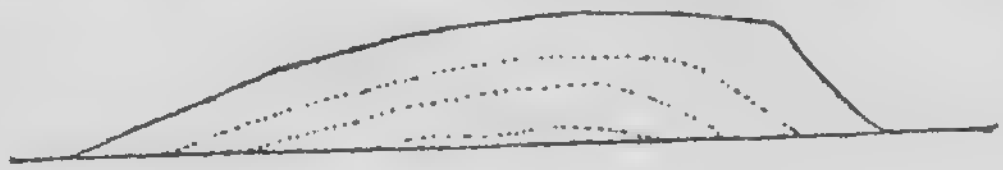


Рис. 56.
Продольный разрез той же дюны, чтобы показать преобразование ее хребта.

ветра на берег, а стекающая вода естественно возвращается в море по кратчайшему пути. Принесенные водой зерна песку передвигаются вследствие этого вдоль берега зигзагами то вверх, то вниз. Это явление (перемещающиеся пески) на берегу Балтийского моря обнаруживается в том, что от Штральзунда по направлению к Мемелю движется медленный песчаный поток и стремится образовать в каждой бухте направленное к С В песчаное продолжение юго-западного угла бухты. Таким процессом бухты Одера, Вислы и Мемеля были отрезаны от моря, при чем остался только узкий проход через песчаные банки. Последние превращаются в цепь дюн, отде-

ляющую пресную воду гафа от соленых волн моря. Дюны в 50 м. высотой Куршгафской косы (нерунга) говорят о том, что здесь этот процесс начался очень давно, тогда как полуостров Гела представляет еще незаконченный нерунг; когда-нибудь он отделит Фриш-гаф от моря второй цепью дюн (рис. 57).

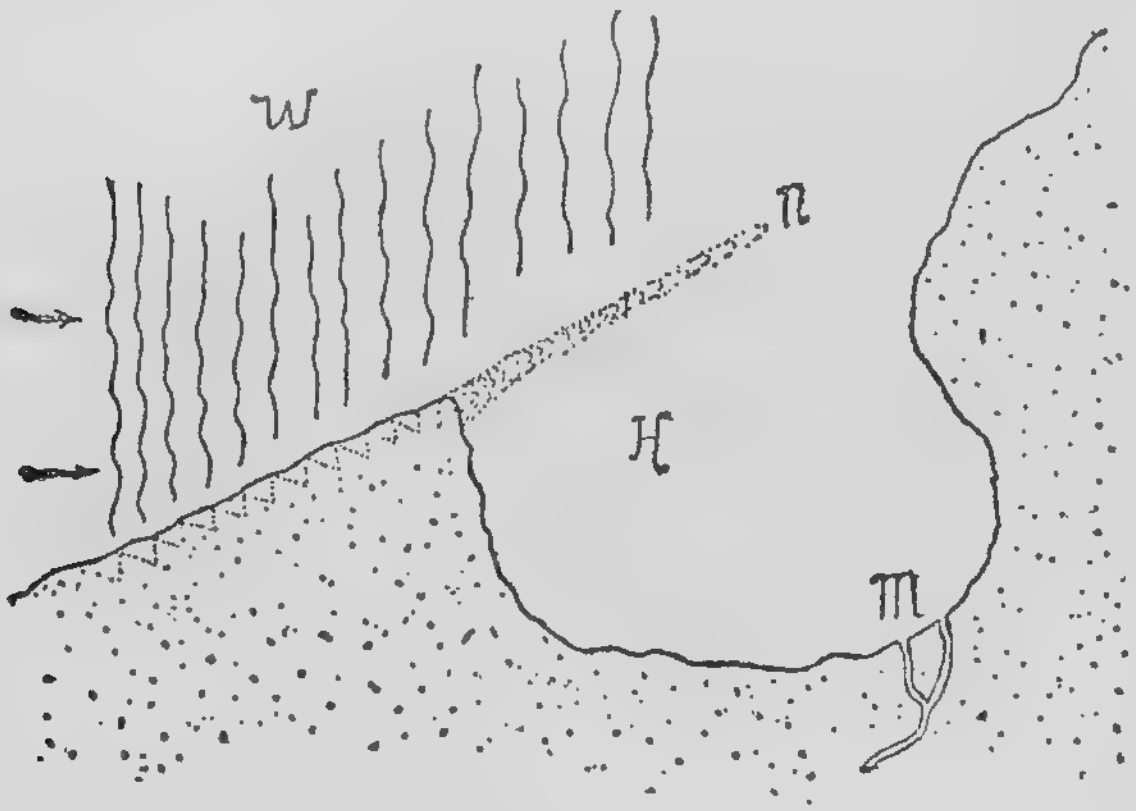


Рис. 57.

Отделение морской бухты (*H*), в которую при *m* впадает река, медленно растущей песчаной косой *n*. Стрелки указывают господствующее направление ветра, извилистые линии у *w* — направление морских волн, небольшая же зигзагообразная линия на берегу указывает путь, проходимый взбегающими на берег зернами песку, при чем они удлиняют рог бухты в песчаную косу. (См. доп. 13.)

Под защитой высокой дюнной цепи в устье реки и внутри гафа развивается илистый берег. Так как тут сила волн недостаточна для того, чтобы отделить песок от илистых примесей, то берег бывает покрыт вязким, пропитанным растительным перегноем, темным илом (ваттен). При отливе широкие илистые

площади выделяются из сети извилистых глубоких каналов, тогда как во время прилива над поверхностью воды выступают только отдельные островки.

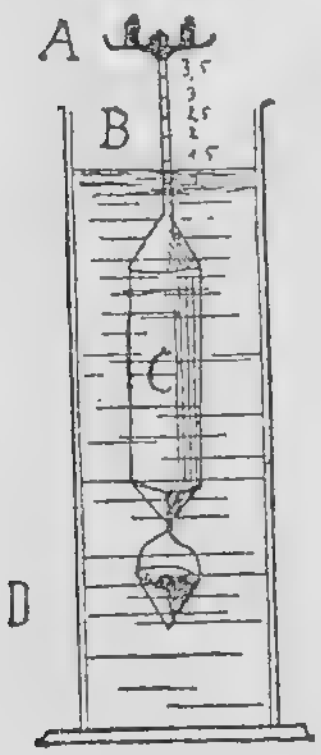


Рис. 58.

Ареометр для определения солености (веса) морской воды. *A* — чашка для мелких гирек (дробинок), *B* — столбик, разделенный на части поперечными черточками, *C* — полый жестяной цилиндр, *D* — небольшая жестяная чашечка для балласта, с помощью которого устанавливают метку 0.

Задачи.

92) Наполни две закупоривающиеся стеклянные бутылки мутной глинистой водой и всыпь в одну бутылку соли, сколько ее помещается на острие ножа, встряхни обе бутылки и оставь их спокойно стоять. Тогда как для илистой пресной воды нужно несколько дней, чтобы стать совершенно чистой, ил в соленой воде уже через час осядет густыми хлопьями на дно.

93) Чтобы определить содержание солей в воде на различных местах в устье какой-либо реки, употребляют ареометр, т.-е. запаянный, сверху и снизу замкнутый заостренный цилиндр из жести (рис. 58), оканчивающийся вверху небольшой тарелочкой, а снизу имеющий конусовидную чашечку. Перед употреблением его нужно тарировать, т.-е. установить путем опытов, как глубоко погружается он в жидкость, содержащую определенное количество соли. Сделай 3,5% раствор соли и отметь напильником черту, до которой погружается верхний столбик. Если нанести дальнейшие метки, пользуясь растворами соли в 3; 2,5; 2; 1,5 и 1%, то можно определить содержание солей в любой пробе воды. Чтобы добыть воду с определенной глубины, пользуются прибором, изображенным на рис. 59.

94) Определи уровень воды на выдающейся в море стене или на столбе после продолжительного ветра с *З* или *С*, *В* или Ю.

95) Определи разницу во времени прилива и отлива при различных лунных фазах и ширину полосы прилива и отлива на различных крутых берегах.

96) Определи количество мелового илу, образовавшегося после бури, в литре морской воды испарением, промыванием соленого остатка в дистиллированной воде, вторичным испарением и взвешиванием остатка на фильтре.

97) Наблюдай на скалистом морском берегу форму галек, сравнивая их с речными гальками, и обрати внимание на ударные звуки, возникающие при их взаимном сталкивании одна с другой во время прибоя.

98) Нарисуй направление, поперечный разрез и ход борозд ряби, образующихся от волн под водой, и сравни их форму на том же месте когда наступит изменение ветра.

99) Нарисуй направление, поперечный разрез и ход борозд ряби на дюнах, при тех же условиях.

100) Нарисуй и измерь очертание площади и профиль только что образовавшейся кучи песку в том месте, где дюны проникают в культурную область. Проследи последующие изменения их.

101) Нарисуй внутреннее строение разрушенной дюны и постарайся выяснить, каков был внешний вид соответственной части дюны при ее образовании.

Рис. 59.

Бутылка для добывания проб воды с глубины. Она обвязана веревкой, имеющей внизу железный груз (с ямкой снизу для захватывания проб со дна); вверху эта веревка прочно соединена с пробкой при помощи бокового ответвления. Как только бутылка достигнет желаемой глубины, линь сильно дергают, пробка вылетает и бутылка наполняется морской водой; при поднимании эта глубинная вода не смешивается с водой, находящейся выше.

102) Определи движение летучего песку, рассыпав на отмеченной части берега шлак и заметив через год его положение.

12. Нагорья и горы.

При рассматривании горной страны или ее карты мы видим на водоразделах между реками целую систему более или менее высоких горных хребтов с пологими или крутыми склонами, с округленным или зубчатым гребнем. Эти горы часто соединяются в группы или цепи, некоторые однако возвышаются отдельно над равниной. Происхождение этих форм рельефа крайне разнообразно. Прежде всего мы должны иметь в виду, что все горы во всех точках своей поверхности подлежат выветриванию и сносу, так что можно с полным правом сказать; что вид и форма всех гор определяется переносной деятельностью ветра, воды или льда. Здесь идет речь только о внешней форме гор, а не о строении их отдельных масс. Если мы обратим внимание на структуру, то можем различать между горами следующие группы:

1) Насыпные горы. При впадении реки в озеро или в море образуется конус выноса благодаря отложению продуктов выветривания и эрозии. Если уровень воды понизится, то конус этот явится перед нами в виде холма. Большой ледник у своего нижнего конца часто насыпает столь громадные массы валунов, гальки и песку, что после его таяния остается в долине высокий конусовидный холм или запруда в виде амфитеатра. Передняя морена дилювиального ледникового покрова образовала «Бал-

тийские высоты» до 40 м. высоты и до 400 м. ширины. Около Иврен, у южной подошвы Альп, ледниковый амфитеатр имеет еще более значительную высоту. (См. доп. 14.)

Где земную кору прорвали подземные силы и вынесли на поверхность массы вулканического пепла, в этом месте образуется вулканический конус, вся масса которого произошла опять-таки вследствие насыпания.

С известным правом можно рассматривать, как насыпные горы, и коралловые рифы, так как, если уровень моря опускается или если приподнимается коралловый остров, то возникает известковая гора с крутыми склонами.

2) Вторую группу гор можно назвать горами поднятыми. К ним относятся все большие горные системы (Альпы, Аппенинны, Пиренеи, Урал, Гималаи), равно как большинство средних по высоте гор (Гарц, Рудные, Тюрингский лес). При их образовании части земной горы испытали боковое давление и поднялись или с сохранением горизонтального расположения слоев в виде усеченно-клинообразных глыб, или как система параллельных горных цепей, вследствие образования складок в земной коре.

Конечная причина этих «горообразовательных процессов» лежит, вероятно, в охлаждении земли. Горячие ключи и еще более горячие вулканические лавы доказывают, что внутри земли имеется огромный запас тепла. Если и нельзя точно определить настоящую температуру внутренности земли,

то все-таки не подлежит сомнению, что земля представляет громадный раскаленный шар с температурой в несколько тысяч градусов, окруженный сравнительно тонкой остывшей корой.

Мировое пространство, в котором вращается наша планета, холодно как лед. Уже на высоте 10 км.

Рис. 60.
Слой, сжимаемый боковым давлением. При этом образуется или система трещин (рис. 61), или складка (рис. 62)

наблюдалась температура в — 60°, и можно с полной вероятностью сделать заключение, что уменьшение температуры с увеличением высоты идет еще дальше.

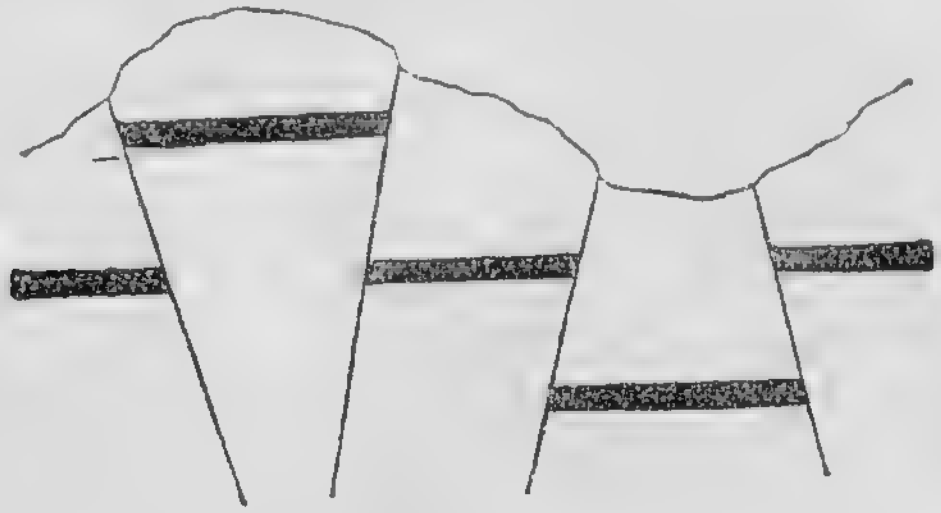


Рис. 61.
Разбитые трещинами глыбы земной коры сдвинулись вертикально одна относительно другой. Влево горст, вправо грабен, в середине ступенчатый сброс.

Земной шар по общим физическим законам должен постоянно остывать и при этом медленно сжиматься. Вследствие этого земная кора становится слишком велика для ядра земли, подобно тому, как это бывает с кожурой яблока при его высыхании. Происходит стяжение, боковое сдавливание, ведущее к тому, что отдельные более или менее

крупные глыбы земной коры выжимаются кверху. Если такая глыба сохраняет горизонтальную слоистость, то ее называют горстом. Если же гори-

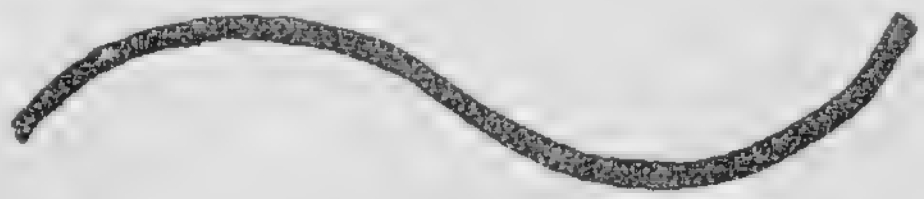


Рис. 62.
Благодаря изгибу в складки достигнут такой же результат, как и при образовании горста, при чем участок земной коры вследствие стяжения стал настолько же короче.

зонтальные слои сбираются в складки, то мы говорим о складчатых горах (рис. 60—64)

Рис. 63.
При более сильном боковом давлении увеличиваются вертикальные размеры сброса глыб.

Следует указать еще виды гор, образующиеся вследствие раздробления массы, бывшей до того единой. При образовании таких гор расстояние между центром земли и их поверхностью не увеличилось, но местами уменьшилось.

3) Некоторые горы возникли благодаря опусканию, когда лежащие вокруг известной местности

части земной коры опустились от подмывания, выщелачивания или горообразовательных процессов. Стоящему на такой возвышенности наблюдателю опустившиеся вокруг края обрыва кажутся горными склонами. Так опустилась Верхнерейнская низменность между Шварцвальдом и Вогезами, и хотя, может быть, эти оба нагорья были в то же время несколько приподняты боковым давлением, можно все-таки всю рейнскую долину от Базеля до Майнца рассматривать как область опускания. Что такие опустившиеся массы земли бывают часто покрыты озерами, мы

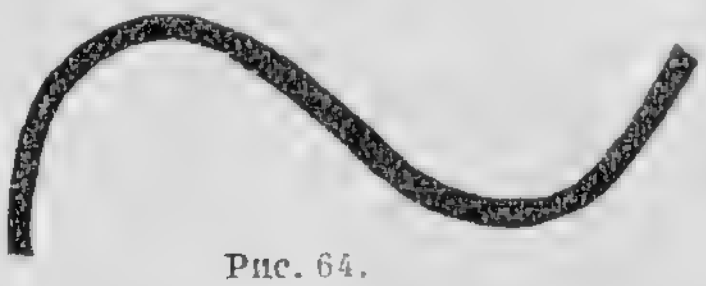


Рис. 64.

Укорочение идет дальше и изображенное на чертеже расстояние между концами изогнутой полосы то же самое, как на рисунке 63.

отметили на примере Königssee (рис. 52) и Мертвого моря.

4) Последний, довольно частый тип — это отдельные горы, происшедшие путем сноса. В пустынях ветер уносит массы выветрившейся, превращенной в песок и пыль, горной породы и сплошное плоскогорье может раздробиться при этом на отдельные горы-острова, имеющие горизонтальную слоистость и часто удаленные на несколько верст от ближайшего плоскогорья, часть которого они когда-то составляли (развевание, дефляция) (рис. 65).

Таким же образом разбивается на отдельные хребты и столовые горы равнина в которую мед-

лению врезается речная система. Наблюдатель, стоящий на дне долины, видит возвышающиеся отвесные склоны и должен сначала подняться на возвышенность, чтобы убедиться, что в ее ровную поверхность углубилась система долин. Горы долины Заалы около Иены (рис. 28) или ущелия Колорадо в Аризоне являются хорошими тому примерами (размывание, эрозия). Так же работает море посредством прибоя. Волны во время бури врезаются в отвесные скалистые берега, расширяют находящиеся в них щели и разбивают ровное до тех пор побережье

Рис. 65.
Гора-остров (гора-свидетель) в пустыне, отделенная от оканчивающейся налево горизонтально-слоистой равнины атмосферными силами (выветриванием и развеванием).

на полуострова, острова и мысы. Каждое из этих образований в отдельности может быть рассматриваемо как гора, отделившаяся от суши (абразия).

При образовании таких гор переносной деятельностью ветра и воды, а также при возникновении гор насыпанием, поднятием и опусканием, мы всюду видим, какое громадное влияние на переносные силы имеет твердость отдельных горных пород. Приведем несколько примеров.

Если в однородной массе горной породы включены отдельные более твердые глыбы, то все находящееся вокруг них понижается, тогда как они остаются на прежнем уровне, и, защищая лежащую под ними

породу от выветривания и сноса, оказываются как бы на подставках. Таким путем образовались из глины, содержащей много обломочного матерьяла, известные земляные пирамиды Боцена. После каждого сильного дождя мы можем наблюдать такие образования в малом масштабе на каменисто-глинистых склонах, когда каждый камешек оказывается лежащим на маленькой глинистой ножке (рис. 66).

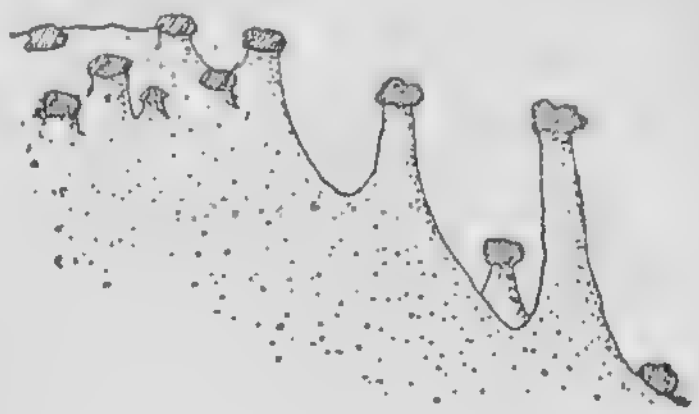


Рис. 66.

Образование так называемых земляных пирамид из заключающей в себе камни глинисто-песчаной породы (налево), которая была прорыта бороздами от дождя, при чем камни защищают находящуюся под ними породу и мало-по-малу оказались на растущих подставках.

Такой процесс происходит в большом размере, если, напр., твердая песчаниковая или базальтовая масса окружена более мягкими породами. Последние легче выветриваются и сносятся, поэтому Ваксенбург в Тюрингии с его твердым покровом песчаника выступает высоко над более мягким мергелем кейпера или в Рёне и Богемии базальтовые и фонолитовые вершины (рис. 4) — над песчаниками и глинами.

Если в горизонтально-слоистом нагорье между более мягкими слоями залегают более твердые пласты, то выветривание и снос работают быстро до тех пор, пока не обнажится более твердый пласт.

Тогда снос замедляется и мы видим столовую страну, покрытую твердым пластом (рис. 65 и 68). На склонах слоистых гор такие различия в твердости слоев заметны потому, что более твердые слои несколько выдаются своими краями (головы пластов), и склон горы поэтому покрыт валами или полосами выступов.

В более или менее смытых складчатых горах, в которых пласты различной твердости наклонны или даже стоят вертикально, длинные отвесные стены

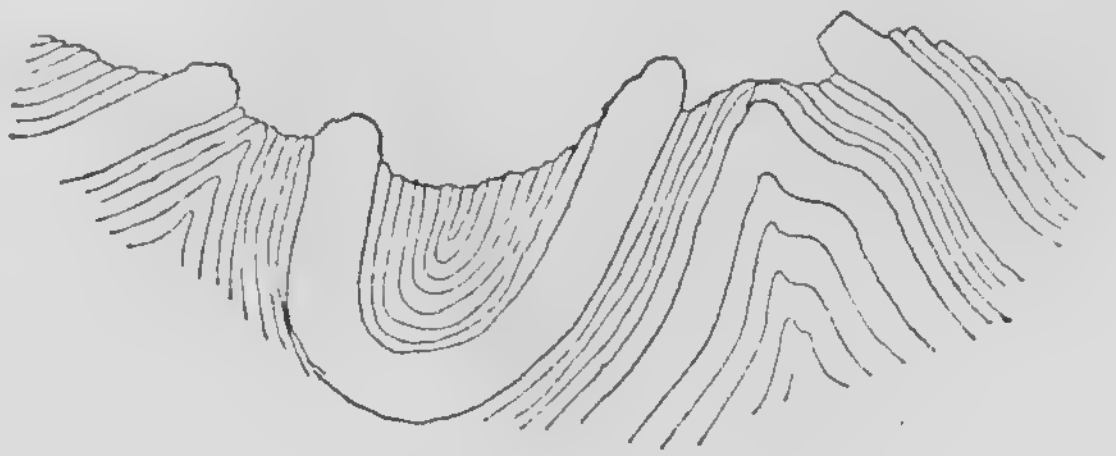


Рис. 67.
Повторный выход одного и того же твердого пласта между более мягкими слоями в складчатых горах.

или зубчатые утесы, благодаря твердости пород, выступают вдоль всего склона (рис. 67).

Точно также твердые жилы кварца, тяжелого шпата, порфира или базальта выделяются из более мягкого покрова и возвышаются над окружающею местностью в виде стенообразных рядов скал (рис. 67, 68).

Таким образом, формы любого ландшафта можно свести к совокупному действию двух причин. С одной стороны, мы имеем дело с своеобразным проявлением господствующих в данной климатической области сил выветривания и сноса. В пустыне работает

главным образом физическое выветривание и ветер, на высоких горах — мороз и лед, под лесной почвой — химическое выветривание и ливни, на морском берегу — соленая вода и буря; все это определяет формы долин и гор, происходящих благодаря сносу. С другой стороны, мы имеем различные химические и физические свойства пород, составляющих земную

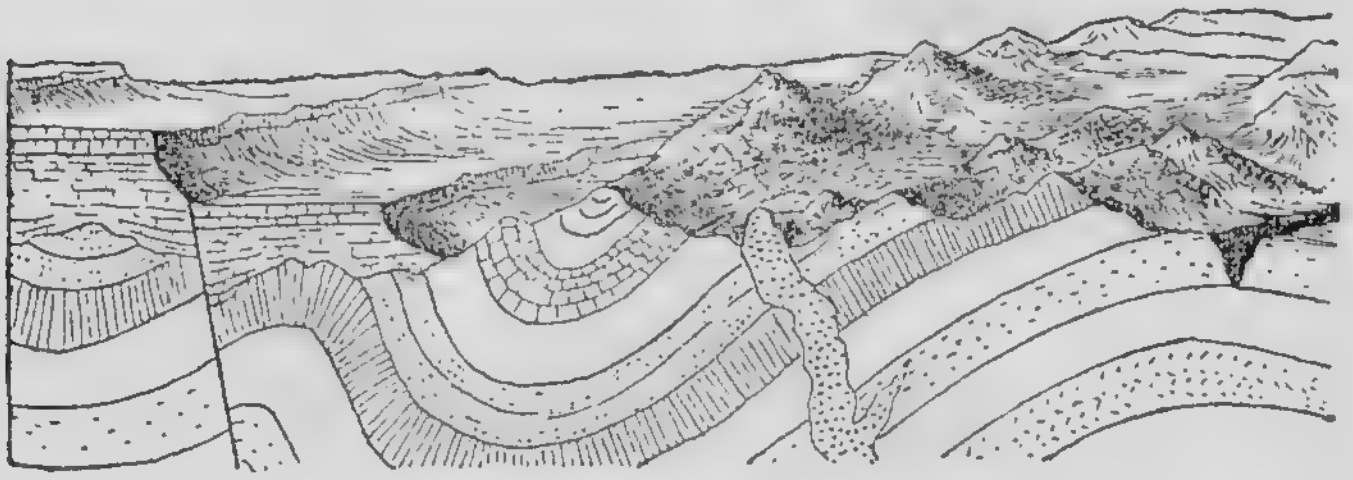


Рис. 68.

Древний складчатый хребет, сложенный из пород различной твердости. Налево он покрыт несогласно наслоенными горизонтальными пластами, направо он выступает обнаженным; налево хребет прорезан сбросом, направо — жилой изверженной породы. Снос придал твердым породам форму горных вершин различного типа.

кору. Состоят ли горы из известняка или глины, гранита или сланца, песчаника или базальта; какое строение имеют те или другие горные породы; представляют ли они слои, линзы или жилы, разбиты ли трещинами или компактны, горизонтальны или складчаты, — все это отражается на картине ландшафта. Если мы научимся понимать геологические причины форм ландшафта, то последние предстанут перед нами в новой, обусловленной причинной зависимостью, красоте.

В заключение возникает вопрос, будет ли и впредь

продолжаться изменение форм, создавшее нынешний вид гор?

Пока горный склон подлежит влиянию атмосферных деятелей, пока его разрушают выветривание и снос, он, само собой разумеется, должен изменяться. Подобно поэту, сказавшему, что нельзя переплыть второй раз через одну и ту же реку, можно утверждать, что нельзя подняться второй раз на ту же самую гору. Если человеческий глаз не замечает медленного изменения формы, то все-таки такое изменение должно происходить, и в течение человеческой жизни оно может стать столь значительным, что сделается доступным для непосредственного наблюдения.

Задачи.

103) Измерь с помощью угломера, изображенного на рис.24, наклон различных гор и высот, угол которого ты раньше определил на глаз.

104) Распредели горы твоей родины по категориям, перечисленным на предыдущих страницах.

105) Определи высоту земляных пирамид, образовавшихся при дожде, и вычисли на основании этого высоту смытого за то же время слоя почвы.

106) Сделай модель отдельно стоящей горы из глины или лучше из пластолина, наметив сначала на дощечке план горы (очертания самой нижней изогипсы топографической карты) и потом, обозначив при помощи булавок или кусков проволоки различной длины, некоторые выдающиеся точки верха горы. Пространство между булавками заполняется и все выравнивается при помощи дощечки в соответствии с топографической картой.

107) Сделай модель какой- либо известной тебе долины тем же способом.

13. Нарушения залегания слоев и землетрясения.

На многих обнажениях можно видеть, что первоначальная связь горных пород нарушена последующими изменениями. Причиной таких изменений несведущие люди обыкновенно считают «подмывание скал», вследствие настоящей или прежней работы воды в этом месте. Но это об'яснение только в редких случаях оказывается верным. Подмывание, конечно, влечет за собой горные обвалы и скольжение отдельных скал; однако оно не в состоянии вызвать те обширные, сопровождающиеся толчками нарушения, которые так часто наблюдаются в строении пластов земной коры.

В северо-германской низменности, подпочва которой состоит преимущественно из мягких песков, глин и известняков, очень часто встречаются причудливые изгибы, складки, разрывы и смещения в малых и больших толщах слоев. Их происхождение приписывают движению северного льда, который надвинулся из Скандинавии покровом в несколько сот метров мощности, избороздил как сохой почву, сжал, сдвинул и смял ее в складки. В этом случае говорят о ледниковом смятии.

Но во многих странах, где никогда не было ледников, наблюдаются нарушения, еще много более величественные и достигающие глубоких недр земной коры; они стоят, как было сказано в предыдущей главе, в связи с горообразованием и поэтому наиболее типично выражены в высоких горах. Мы можем там видеть, как массы пород были разбиты тре-

щинами, по которым сдвинулись один относительно другого соприкасающиеся пласты; минеральные жилы пересекают в виде посторонних образований дотоле однородную массу, и некогда горизонтально отложившиеся слои были выведены из их горизонтального положения. В связи с этими изменениями внутри земной коры изменяется и вид земной поверхности. Здесь мы видим широкую равнину, там горную цепь или систему параллельных горных хребтов.

Даже в равнинной стране можно часто видеть на обнажениях подобные же нарушения напластования. Так, в Рудных горах, Франконском лесу, Гарце и Вестервальде смяты в мощные складки сланцы, конгломераты, песчаники и известняки, хотя их поверхность имеет вид однообразной возвышенности. Мы имеем здесь дело с развалинами гор, оставшихся после тысячелетнего выветривания и сноса. Во все геологические периоды горы возникали и исчезали, и можно составить целый ряд все более и более древних гор (рис. 31). Ряд начинают Гималаи, как одни из самых молодых горных систем; потом идут несколько более старые Альпы, еще более древний Урал и, наконец, первобытный горный хребет, пересекавший Германию от Страсбурга до Магдебурга, от которого уже не осталось никакой соответствующей горной цепи, но фундамент которого можно еще видеть в остатках древних гор. Самые молодые горы являются вообще самыми высокими, тогда как более старые горы вследствие продолжительного разрушения и сноса все более и более понижались.

Все эти области нарушенного напластования имеют то общее, что слагающие их слои не горизонтальны, что один и тот же слой по разным направлениям и на большом протяжении неоднократно разбит, что наиболее юные слои образуют связный покров только на краю области нарушения, внутри же ее отсутствуют или сохранились только в виде следов. Наиболее старые в истории земли и потому наиболее интересные породы и окаменелости,

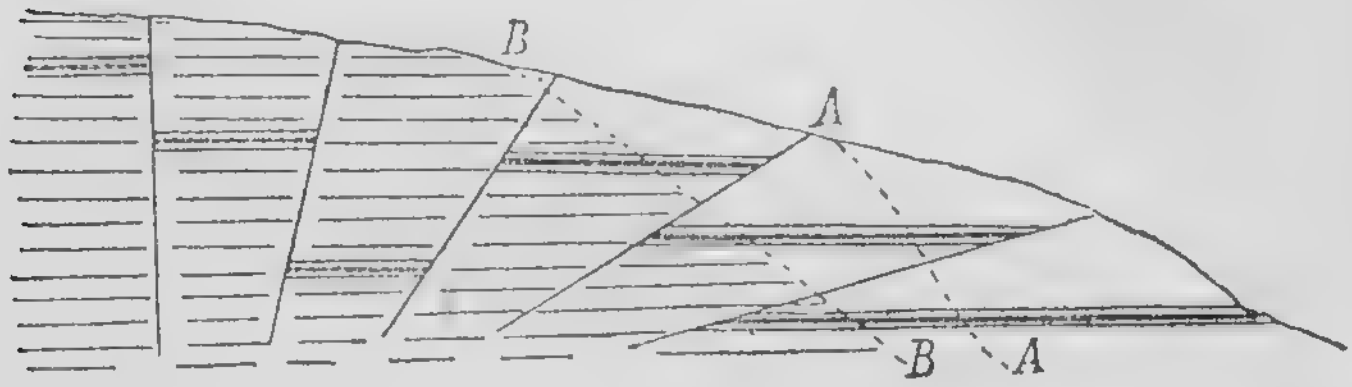


Рис. 69.

Вертикальные и постепенно принимающие более горизонтальное положение трещины сбросов, по которым слои опустились или поднялись. Первые три участка поднялись по отношению к левой стороне или опустились по отношению к правой, три других также. На наружном склоне резко заштрихованный слой выходит только раз на поверхность; если однако выветривание и снос дойдут до *A*—*A*, слой будет перерезан два раза, а на более позднем склоне горы *B*—*B* будет виден даже три раза, хотя он в профиль слоев входит всего один раз.

которые обыкновенно не видны, так как они прикрыты более молодыми породами, выходят тут на поверхность земли и доступны наблюдению. Тут же родина большинства плутонических пород и всех рудных жил. Таким образом, можно сказать что области нарушенного напластования геологически относятся к самым замечательным областям земли.

Из громадного разнообразия нарушений в напласто-

ваний, исследуемых тектонической геологией, мы выберем только некоторые, более частые и важные случаи.

1) Сбросы. Если масса горной породы разбита трещиной и одна часть сдвинута относительно другой (рис. 69), то говорят о сдвиге или сбросе. Так называемая трещина сброса не всегда бывает открыта, но, обыкновенно, она узнается по нахождению рядом двух различных по цвету и составу горных пород (смена фаций может ввести начинающего в заблуждение). Редко эта линия излома бывает вертикальной; по большей части она идет на глубину наклонно. Ее наклон может простираться так далеко, что она становится горизонтальной; тогда говорят о перебросе.

Вопрос, поднялось ли одно крыло сброса или опустилось другое, в каждом отдельном случае разрешить трудно. Только рассмотрев всю систему трещин, можно сделать вероятное заключение.

Некоторые сбросы могут встречаться под острым углом (скучиваться), но большое число изломов идет параллельно. Вследствие этого картина ландшафта раздробленной ими страны совершенно меняется; однако нужен опытный глаз геолога, чтобы отличить подобные явления в природе.

В области, пронизанной пересекающимися линиями изломов, вследствие переменного хода движений могут появляться также боковые растяжения; благодаря им появляются трещины разрыва (ср. рис. 71), по которым опускаются отдельные клинообразные участки.

2) Складки. Если возникающее в земной коре и все более увеличивающееся стяжение не может разорвать горных пород, то образуются изогнутые слои, которые мы называем складками. Некоторые горы образованы только сбросами, другие складками; естественно, однако, что оба эти явления часто сменяют одно другое или встречаются вместе. Причина того, образуется ли складка или происходит разрыв, лежит прежде всего в гибкости слоев. Глина или богатая слюдой порода легко изгибаются в складки. Однако и хрупкий известняк, твердый кремнистый сланец и твердые кварциты могут сбираться в крупные или мелкие складки; любая горная цепь дает бесчисленные тому примеры. Представим себе, что на выходящих теперь на поверхность породах некогда лежали мощные пласты, которые оказывали громадное давление, и что встречающиеся теперь на поверхности породы когда то находились в сильно нагретых глубоких частях земной коры. Давлением и жаром можно сделать пластичной всякую, даже самую хрупкую породу. Когда образование складок было закончено, поверхностные породы были постепенно удалены, давление и температура понизились, и центральная масса прежних гор была мало по малу раскрыта (рис. 85).

В каждой складке (см. рис. 62, изображающий плоскую складку: налево седло или антиклиналь, направо мульда или синклиналь) следует различать выпуклую часть — седло складки и вогнутую — мульду складки; соединяющие их части называ-

ются крыльями. Линия гребня седла и средняя линия мульды соответствуют простиранию складки. В некоторых случаях падение слоев по обе стороны линии седла одинаково. В других случаях односторонне действующая сила горообразовательного процесса привела к тому, что крылья некоторых

Рис. 70.

Профиль через смятые в складки породы (поверхности наслоения обозначены пунктиром), в которых вследствие горообразующего давления появилась сланцеватость. Густота трещин сланцеватости означает доброкачественность сланца. Поверхности сланцев, обнажающиеся у подножия сосен, становятся в своем направлении параллельными поверхностям слоев и указывают на места, где можно ожидать сохранения окаменелостей.

складок были раздавлены и переброшены одно на другое на протяжении 30 или более клм.

3) Сланцеватость. Кроме сбросовых трещин и сопровождающих складки плоскостей отдельности, мы часто встречаем в нарушенных системах пластов еще особый вид трещиноватости, который называется сланцеватостью. Не считая некоторых случаев,

когда сланцами называют тонконаслоенные породы, напр., известковые сланцы, под сланцеватостью понимают доходящее до весьма тонкой листоватости расщепление, которое появилось вследствие горообразующего давления в породе. Сланцеватость часто бывает неправильной, иногда же она разделяет породу на параллельные пластинки; последние идут

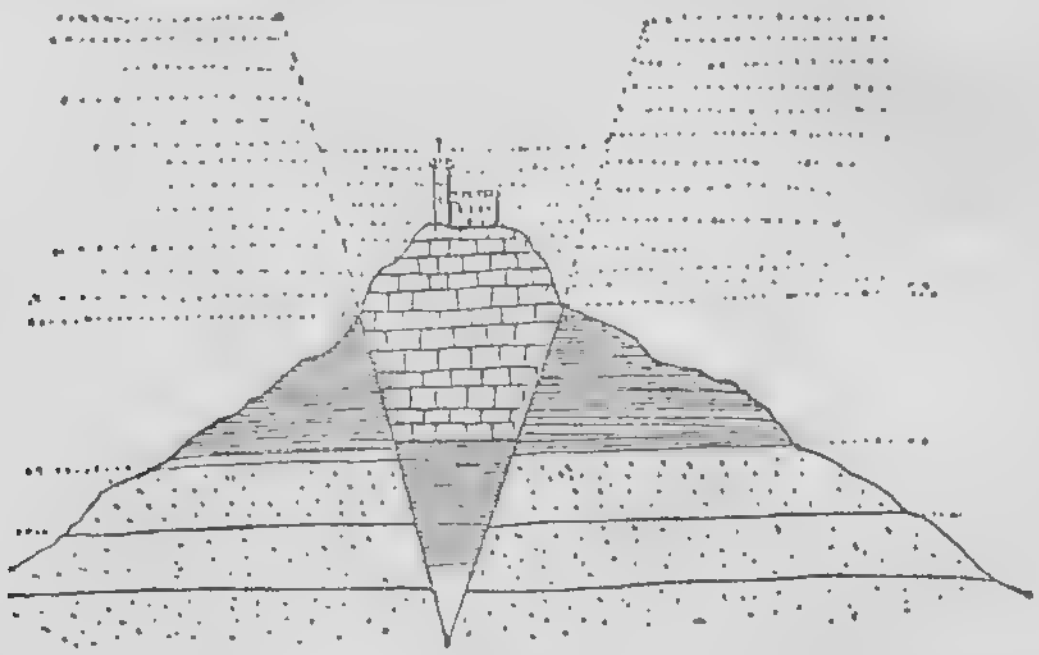


Рис. 71.

Происхождение Лейхтенбурга (у Kahla) вследствие опускания более твердого раковинного известняка между мягкими глинами (штриховано) и песчаниками (пунктир), которые были быстро смыты и дали возможность выступить в виде горы прежнему грабену раковинного известняка.

в ней независимо от слоистости (рис. 70), и поперемен-ные плоскости их образуют плитки сланца. В нижнем силуре южного Тюрингского леса (у Лауша, Зонненберга и Штейнаха) две таких системы плоскостей сланцеватости делят серый глинистый сланец на длинные палочки, так что тамошние ломки сланцев снабжают весь свет грифелями.

Чем моложе складчатые или сбросовые горы, тем легче по виду их поверхности сделать заключение

о строении области нарушения. Грабен там бывает действительно углублением, горст — заметным возвышением, седло складки — гребнем горы, а мульда — продольной долиной.

Но если горы в продолжение долгого времени подвергались разрушению, то условия слагаются

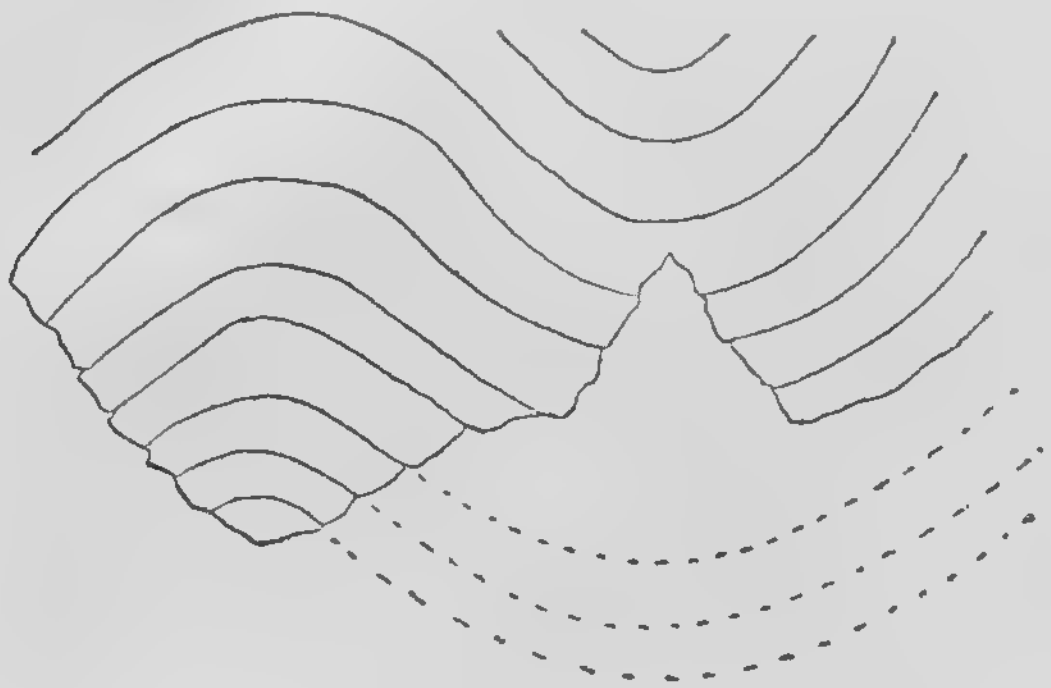


Рис. 72.
Собранные в складки части земной коры представляют часто странные противоречия между расположением слоев и формой гор. На предлагаемом чертеже налево видно седло, понижение постепенным сносом и даже разделенное так назыв. долиной-трещиной. Направо видна мульда, оказавшая сопротивление сносу и возвышающаяся над областью седла в виде высокой горы.

иначе. Твердость различных пород, в таком случае, сказывается на рельефе поверхности в большей мере, чем внутреннее расположение слоев. Так, некоторые горные хребты оказываются грабенами, хотя они выдаются как горсты (рис. 71), седло складки (рис. 72) благодаря трещинам превращается в ущелье, а высокие горные вершины могут тектонически представлять мульду (рис. 68, средина).

Образование всех этих изгибов и особенно разрыв пород по трещинам сброса, разумеется, стоит в связи с сотрясениями земной коры. Подобные движения называются землетрясениями, и, так как, можно сказать, все древние породы разбиты трещинами, то едва ли существует какая-либо часть земной коры, которая не подвергалась бы когда-либо сотрясениям. В некоторых, так называемых сейсмических областях, землетрясения особенно часты, но, несмотря на все направленные на это усилия, до сих пор еще не нашли способа предсказывать место и время землетрясения (см. доп. 15.)

Место, лежащее над центром землетрясения в земной коре, где, следовательно, стяжение разрешилось изгибом или разломом, называют эпицентром. От него землетрясение расходится в виде так наз. отраженных сотрясений по целым материкам, и множество сейсмических станций было основано для изучения этих слабых и сильных движений. Международная комиссия собирает и обрабатывает результаты наблюдений отдельных станций, и таким путем надеются добыть новые данные о глубоких недрах земли.

Кому случится самому пережить землетрясение, тот должен прежде всего точно определить момент его наступления по станционным или почтовым часам. Наблюдать разрушительное действие землетрясения будет достаточно времени потом. Относительно места, из которого исходят толчки, не-специалист легко может ошибиться, поэтому он должен установить направление упавших предметов при по-

мощи компаса и точно отметить их положение, прежде чем поднять их. Нужно тщательно исследовать, не изменилось ли относительное расположение зданий или деревьев, даже на малую величину, не было ли заметно каких-либо изменений на поверхности земли, на свеже вспаханном поле, по дорогам, на полотне железной дороги. Во время большого землетрясения в сев. Индии в 1890 г. тригонометрические точки передвинулись более чем на 20 метров в вертикальном и горизонтальном направлении одни относительно других. В каменоломнях и на других крупных обнажениях можно также наблюдать изменения в наслоении. Подробный отчет обо всех этих наблюдениях следует отослать на ближайшую сейсмическую станцию.

Вероятно, в связи с движениями земной коры находятся некоторые изменения поля зрения, указанные для многих стран. Выдающиеся здания, вершины гор или группы деревьев, которые много лет можно было видеть с определенного пункта, современем выходят из поля зрения; другие предметы, которые раньше нельзя было видеть, появляются на горизонте. В таких случаях, если исключены ошибки в наблюдении, должно признать, что видимый горизонт изменился либо вследствие сноса отдельных высот, либо благодаря тектоническим движениям в земной коре. Громадное научное значение имеет собирание таких наблюдений, определение источника ошибок и исследование причин изменений ландшафта.

Задачи.

108) Простой прибор для воспроизведения важнейших процессов горообразования устраивается так: ввинчивают два зажима с палочками, в подставку в 60 см. длины и 6 см. ширины и высоты и, при помощи двух колодок, устраивают пазы, в которые можно вставить легко подвижные стеклянные полосы.

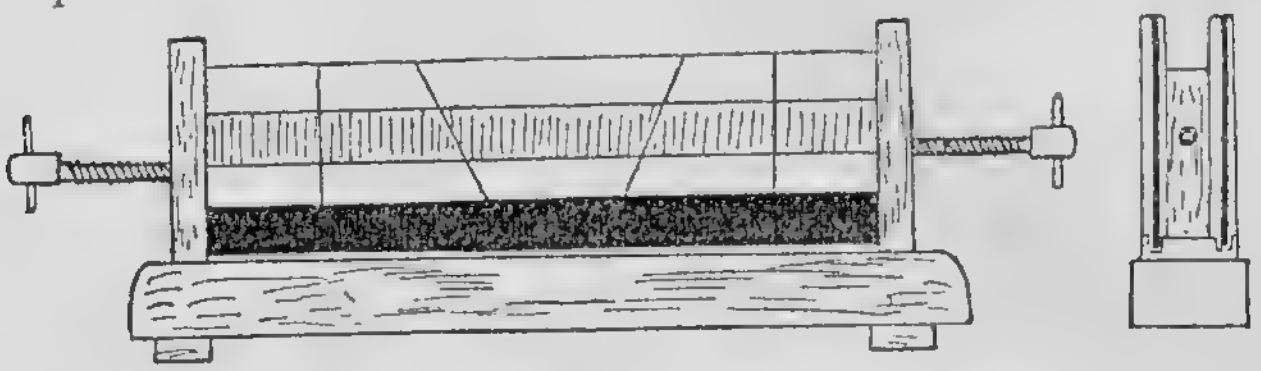


Рис. 73.

Аппарат для воспроизведения процесса горообразования; слева вид спереди, чтобы показать поверхность распила доски, вставленной между стеклами и окрашенной в пестрые полосы; справа вид внутренней поверхности боковой стенки. Щели для стеклянных пластинок черные; через средний заштрихованный столбик проходит винт.

Чтобы воспроизвести явление сброса, распиливают на части доску в 3 см. толщиной, легко входящую в стеклянный ящик, хорошо полируют поверхность распила и раскрашивают бо-

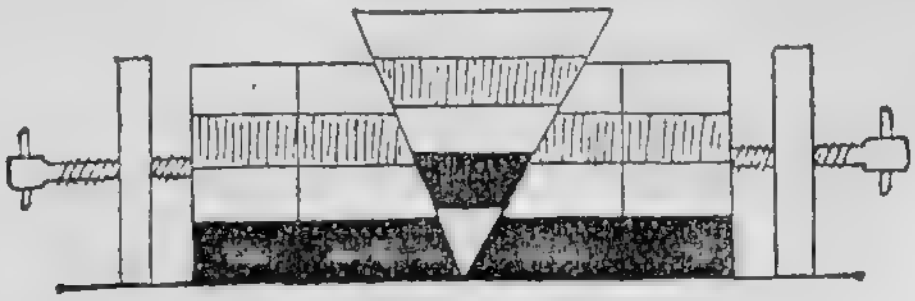


Рис. 74.

При сближении винтов средняя клинообразная часть поднимается в виде горста (Тюрингский лес).

ковую поверхность пестрыми цветными полосами (рис. 73). При сближении винтов средняя часть, имеющая вид клина, начнет подниматься на подобие горста (рис. 74), или же при обратном расположении начинают подниматься над срединным грабеном соседние с ним части бруска (рис. 75).

109) Чтобы воспользоваться этим прибором для воспроизведения процесса складчатости, нужно закрепить между двумя

винтовыми зажимами доску в 5 см. высоты, соответственной длины и ширины (рис. 76), а на ней поместить 2 задвижки (рис. 77) из куска дерева в 3 см. ширины и 6 см. высоты, к которым прибиты гвоздями с обоих сторон жестяные полосы в 4 см. ширины и 12 длины.

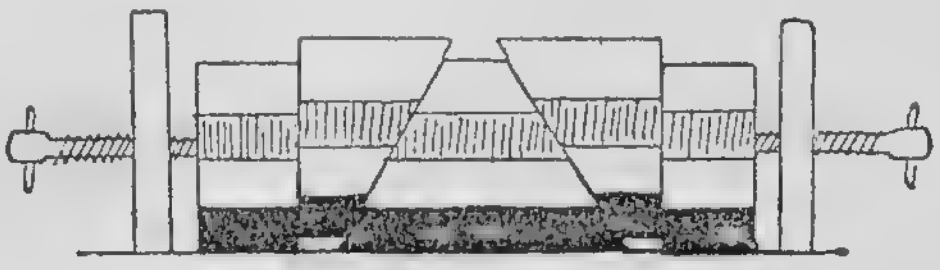


Рис. 75.
При таком расположении частей распиленной доски, над срединным грабеном поднимаются два боковые горста (долина верхнего Рейна).

В оставшийся промежуток кладут пестрые полосы сукна или фланели: на низ — полос десять красного сукна, потом вперемежку по три белого и голубого. Все полосы сукна придавливаются сверху доской, опирающейся справа и слева на

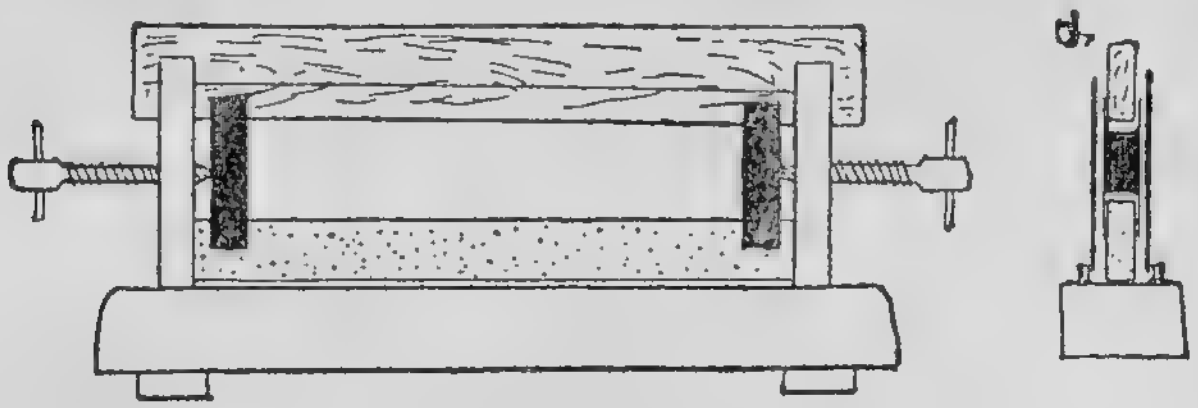


Рис. 76.
Для изображения складок гор, между стеклами вдвигается доска, на которой могут быть легко передвигаемы при помощи винтов 2 задвижки (черные). Промежуток заполняется узкими полосами цветной фланели, лежащими одна на другой, а сверху накладывается тяжелая доска (жилковатая).

концы винтовых зажимов. Если теперь вдвигать один из винтов, то образуются складчатые горы (рис. 78), слои которых на другой стороне идут положе. Если сдвигать винты с обоих сторон (рис. 79) то складки становятся уже и выше. Вместе с тем видно, что полосы красного сукна (= подземная магма) выжимаются вверх и вдавливаются в премежутки

между слоями. Если поднять придавливающую сукно доску, то видны будут долины и гребни складчатых гор.

110) В области, разбитой сбросами, следует выяснить, какие глыбы земли поднялись выше других и какие опустились ниже всех.

111) Расположение и распределение слоистых пород в областях нарушенного напластования лучше выясняется, если приготовить тектонические модели. Для этого разрисовывают или оклеивают в пестрые цвета разобранные стороны сигарного ящика, как это представлено на нижеследующих рисунках (рис. 80; 81, 82, 83). Рис. 80. Модель сброса.

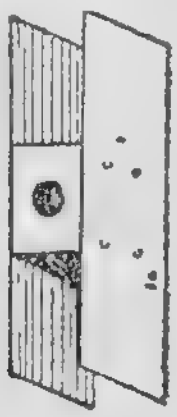


Рис. 77.

Задвижка из куска дерева, к которому прибиты гвоздями две шестяные полосы. Средина просверлена, чтобы охватывать концы винтов.

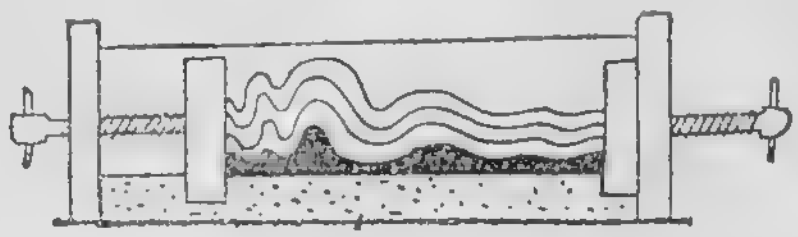


Рис. 78.

Если вдвигать только один винт, то образуются складки, слои которых направо становятся горизонтальными. Если удалить давящую сверху доску, то складки выступят в виде горных хребтов.

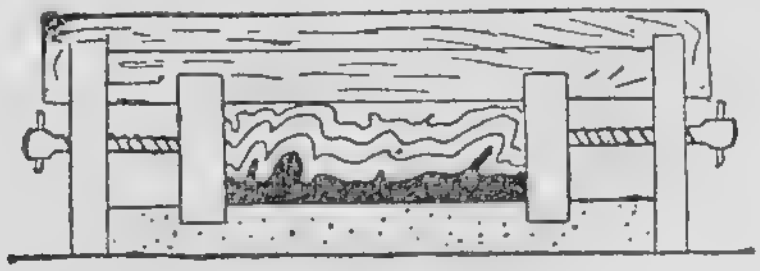


Рис. 79.

Если вдвигать оба винта, то фланелевые полосы плотно сдвигаются; части магмы (черные) под земной корой (белой) поднимаются, как плутонические массы над своим прежним уровнем. Если будет действовать односторонее боковое давление в то время, как сверху будет давить доска, то складки будут переброшены в разные стороны.

112) Для воспроизведения горообразовательных процессов на сжимающемся земном шаре служит следующий прибор

(рис. 84). Большой резиновый шар B привязывается к стеклянной трубке R. Кроме того, приделывается каучуковая трубка, запирающая зажимом H. Надув резиновый шар, его покрывают слоем жидкого теста из пшеничной муки мм. 2 в толщину и потом вертят в сухой пшеничной муке до тех пор, пока шар не будет покрыт мучным слоем мм. 4 в толщину. Шар кла-

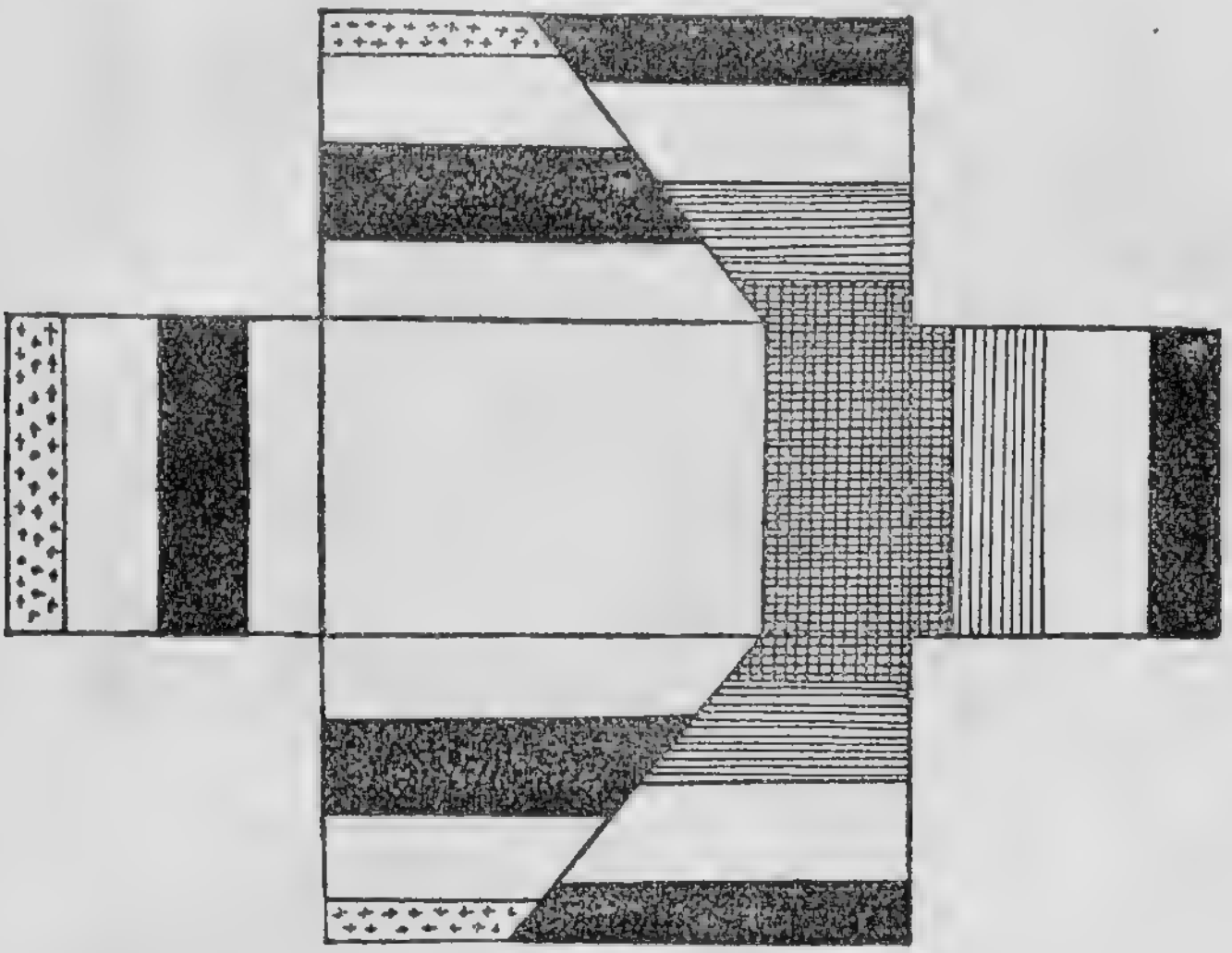


Рис. 80. Модель сброса.

дут на треножник таким образом, чтобы резиновая трубка погружалась в ниже стоящий сосуд с водой W.

Потом открывают зажим и дают воздуху выходить отдельными пузырьками. Об'ем каучукового шара сокращается, и в слое муки наступает боковое стяжение. Мелкие складки становятся выше, отдельные складки группируются в системы складок, неглубокие области опускания становятся ниже; в одном месте появляются странно изогнутые, длинные цепи Кордильер, в другом теснятся параллельно расположенные

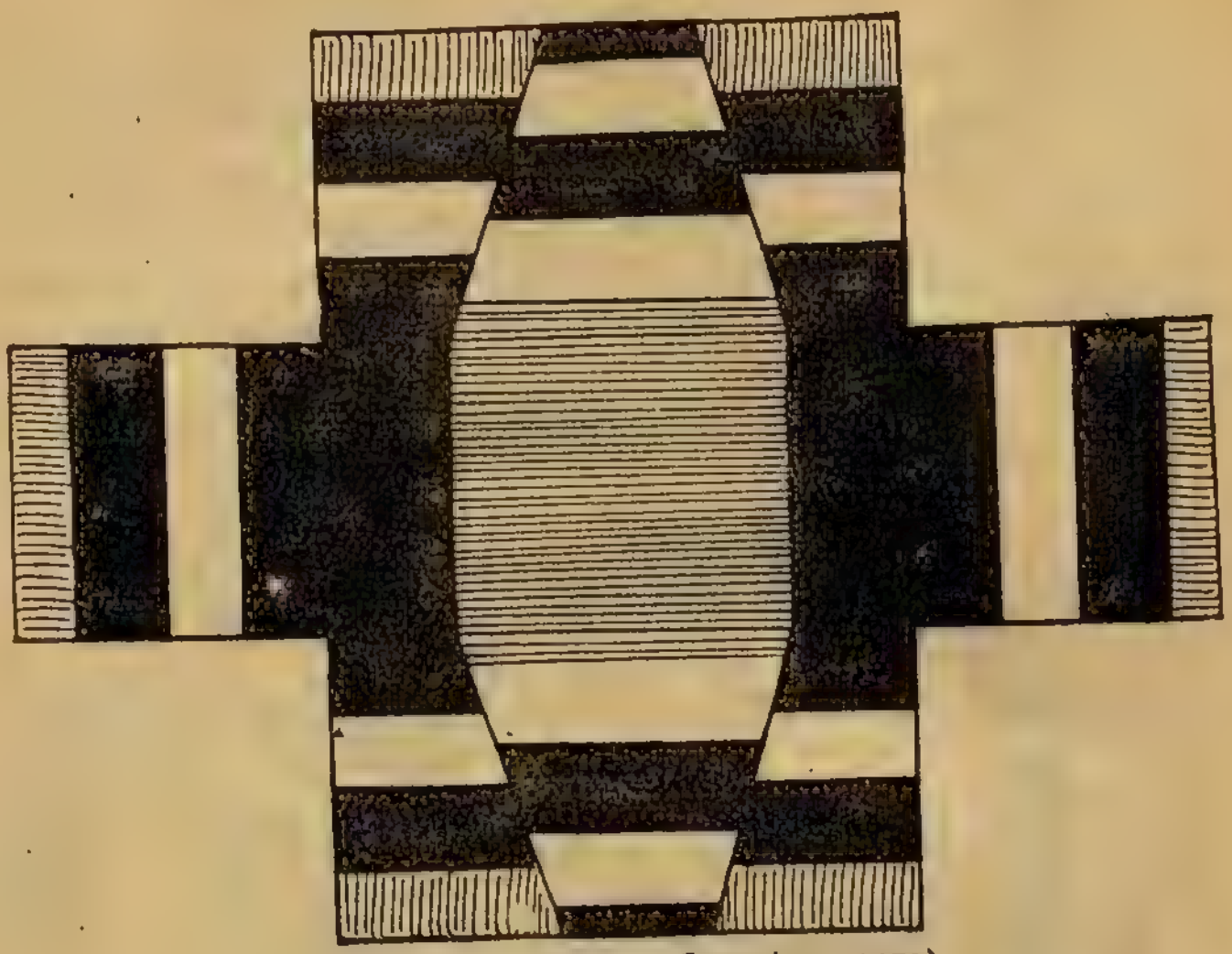


Рис. 81. Модель грабена (и горста).

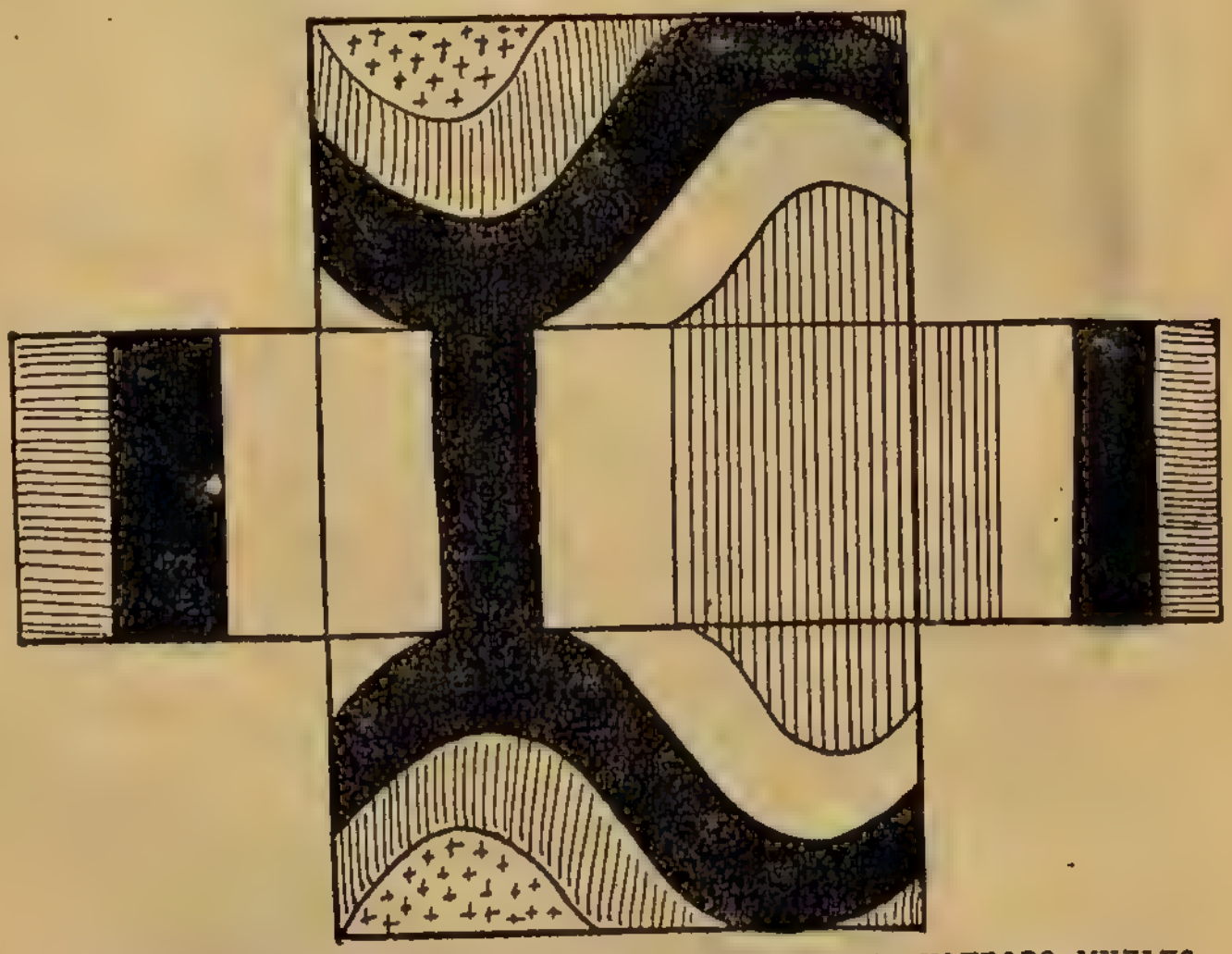


Рис. 82. Модель простой складки; налево седло, направо мульда.

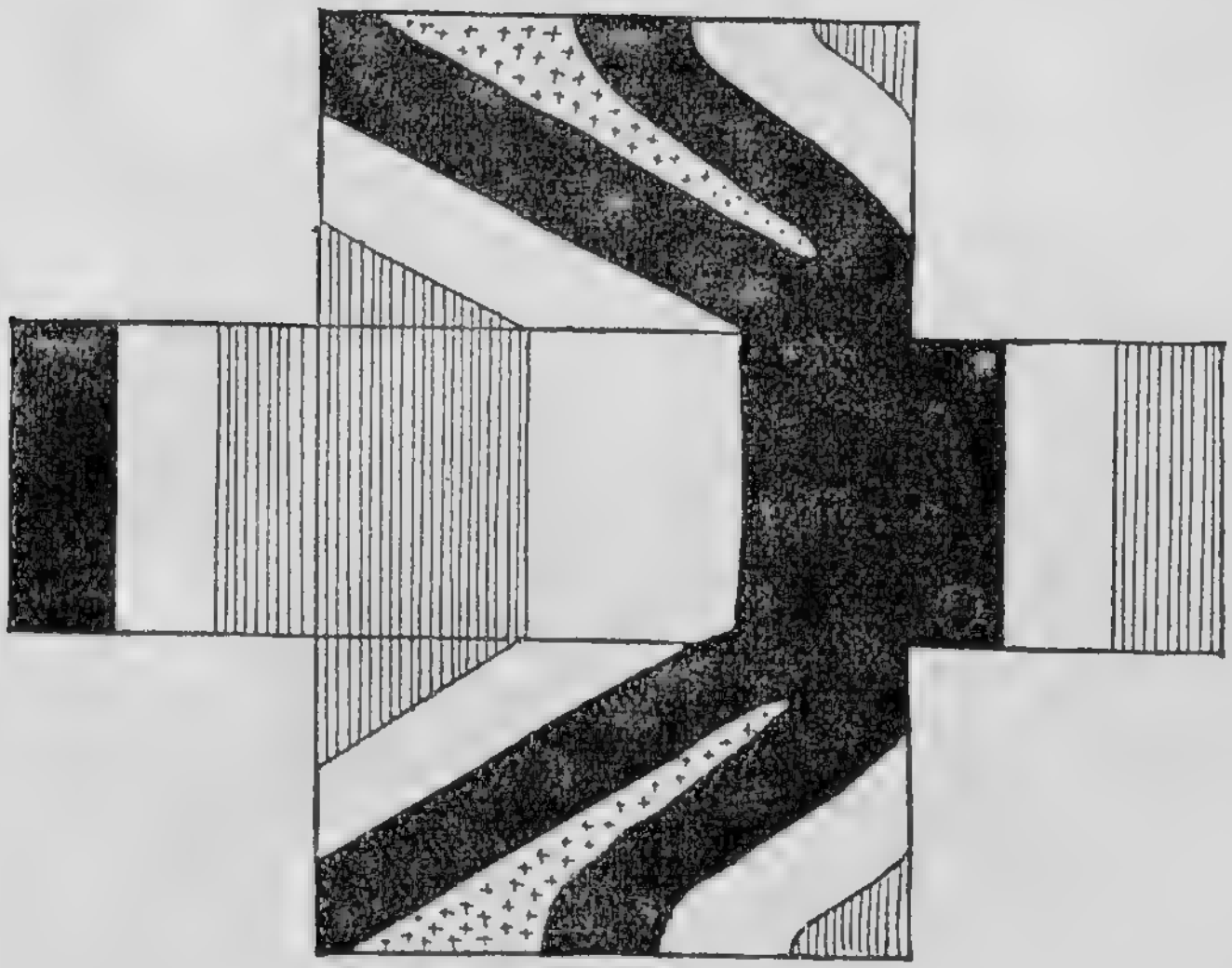


Рис. 83.

Модель складки, сдвинутой справа налево, так что на узкой стороне направо видны нормальные, налево опрокинутые слои.

складки Юры; мелкие складки покрываются крупными взбросами и всюду можно проследить интереснейшие соотношения тектонических линий. Если хотят повторить опыт, то снова надувают пузырь, выравнивают сухой мукой образовавшиеся системы складок и прибор можно снова пустить в ход.

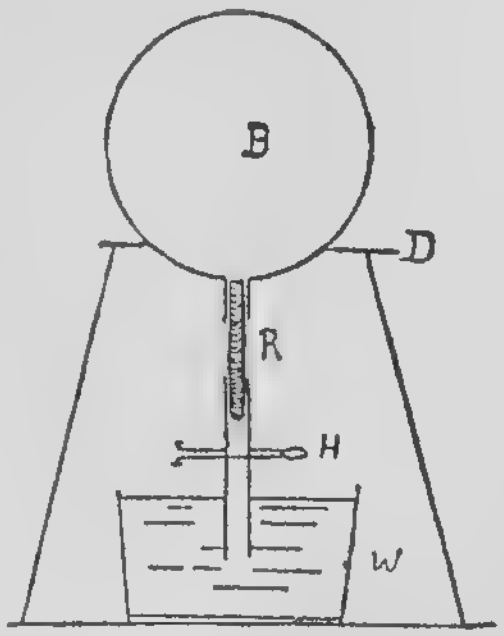


Рис. 84.

113) Пригодную модель для пояснения складчатых слоев можно сделать из деревянного бруска с концентрическими годичными кольцами. Отростки веток представят местные зоны поднятия. Разделив пополам два поперечных разреза

ствола и, раздвинув их на величину полудиаметра, можно изобразить целую систему складок.

114) Исследуй находящиеся вблизи места твоего обитания обнажения с точки зрения нарушения напластования; нарисуй или сфотографируй их; особенно характерные нарушения постарайся представить в виде моделей (см. зад. 111).

14. Плутонические явления.

Именем властителя подземного мира назвали геологические явления, происходящие в глубинах земной коры; действие их мы можем наблюдать только там, где очень глубокие ущелья обнажили недра земли или где крупные складки вынесли на поверхность более глубокие части коры.

Если образуются складчатые горы или стяжение земной коры разрешается глубокими трещинами, то возникают не только открытые на поверхности земли или замкнутые со всех сторон щели (заполняющиеся впоследствии минеральными жилами), но образуются также зоны менее значительной прочности, замкнутые сверху, но идущие на столь большую глубину, что они входят в соприкосновение с раскаленными массами внутри земли. Эти массы, выталкиваемые громадным давлением и насыщенные раскаленными водяными парами, поднимаются настолько вверх, насколько позволяет уменьшенная прочность коры, и наполняют при этом встречающиеся пустоты в виде длинных прямых щелей, то в виде округлых пустот, расширяющихся иногда кверху в виде воронки. Целые системы слоев могут быть расщеплены при образовании складок, так что на месте

их соприкосновения возникают пустоты, в которые проникает огненный поток и расплавляет также некоторые участки покрова.

Многие данные указывают нам на то, что на значительной глубине под земной корой находится расплавленная стекловидная масса, состоящая подобно расплавленным в доменной печи шлакам, из смеси различных соединений, в ряду которых главная роль принадлежит железу и кремневой кислоте. Эту расплавленную стекловидную массу называют магмой. Мы знаем, что она нагрета выше 1000°, что ее химический состав меняется в разных местах и что более богатые и более бедные железом массы часто переходят одни в другие или пронизывают друг друга. Подобную структуру, которую легко воспроизвести искусственно, приливая немного окрашенного концентрированного раствора сахара в воду и медленно двигая сосуд, называют шлировой.

Когда эта магма заполнит подземные пустоты, то находящиеся в ней пары медленно проникают еще на некоторое расстояние в рядом лежащую породу и действуют на нее химически с уменьшающейся кнаружи интенсивностью, причем образуется переходная зона между магмой и пронизанной ею соседней породой — так назыв. контактовая зона.

Магма начинает медленно остывать, и так как толстый покров из выше лежащих пород замедляет охлаждение, то она в течение долгого времени остается в полужидком состоянии, так что для отдельных частиц остается достаточно времени, чтобы слиться в постепенно растущие кристаллы.

Из первоначально однородной стекловидной смеси образуется, таким образом, масса, составленная из растущих кристаллов. Выделяются полевой шпат, слюда, кварц, роговая обманка, магнитный железняк и другие минералы. Масса стекла при этом все более расходуется, и если охлаждение приводит к отверденню всей массы, то образуется зернистая, явственно кристаллическая порода, состоящая из отдельных кристаллов и групп их, которые непосредственно обрастают и облегают одна другую. Гранит, сиенит, диорит, габбро представляют примеры таких плутонических пород.

Когда очаг магмы охлаждается, остывает и пропитанная ее парами соседняя порода. Так как, однако, составные части последней многократно разлагались и частью растворились, то она уже не обнаруживает своих первоначальных свойств. Мы говорим, что она изменена **контактовым метаморфозом**, а зону, до которой доходят изменения, называем «**контактовой**».

Смотря по главным формам, в которых встречаются плутонические породы, мы различаем развитые в одной плоскости жилы, округлые неправильные штоки и грибообразно расширяющиеся кверху **лакколиты**. Сюда относятся еще метаморфические сланцы, разорванные группы слоев которых заполнены бесчисленными, вдавленными в них, узкими жилами, при чем образовались крайне сложные породы, в особенности некоторые гнейсы. (См. доп. 16.)

Одновременно с выделением этих сложных плутонических пород идет часто образование ценных руд

в виде жил, линз и неправильной формы гнезд. Многие отложения медной и железной руд выделились таким образом.

Обо всем этом мы ничего бы не знали, если бы тысячелетнее выветривание и снос не создали глубоких ран в складчатых горах, которые рудокоп расширяет еще больше, чтобы добыть скрытые сокровища.

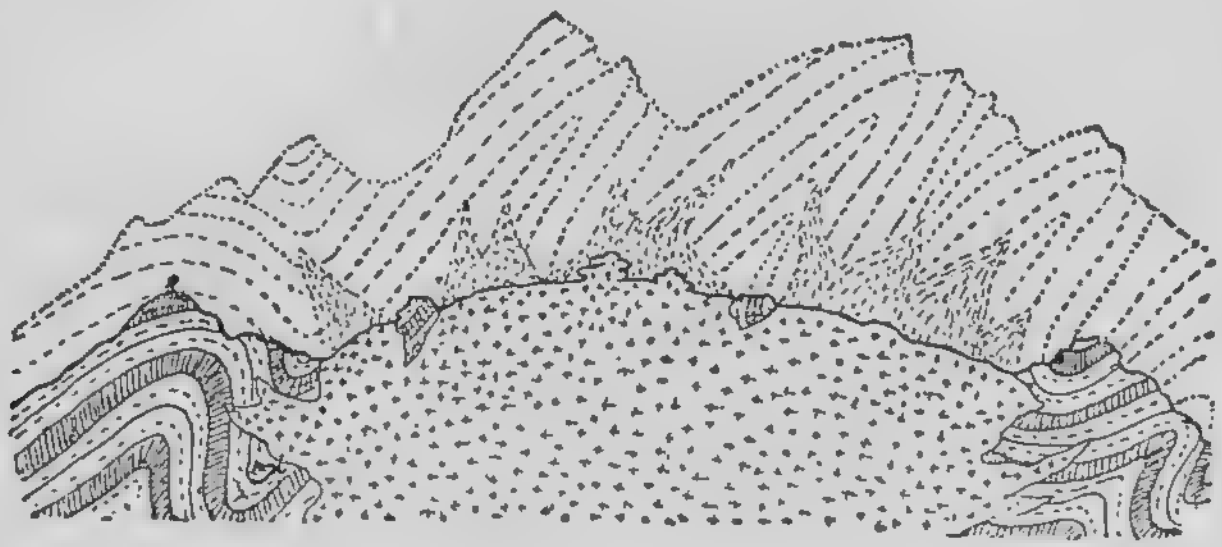


Рис. 85.
Гранитная вершина (Брокен), окруженная складчатыми сланцами, которые, сохранились только на склонах. Пунктир дает понятие о виде горы ко времени проникновения гранита

Из сказанного следует, что более старые, подвергшиеся большому сносу, складчатые горы позволяют заглянуть в более глубокие части земной коры. Здесь унесены в продолжении долгого времени многие сотни метров покрывающих пород, и по мере того как выветривание проникало в глубину, все большие массы плутонических пород появлялись на поверхности земли (рис. 85).

Чаще всего под землей возникали гранитные массивы. Их окружала контактовая зона в 50—

500 м. и более, и прилегающие породы подпадали под медленное действие выветривания. Покровы из горных пород были удалены один за другим (рис. 86),

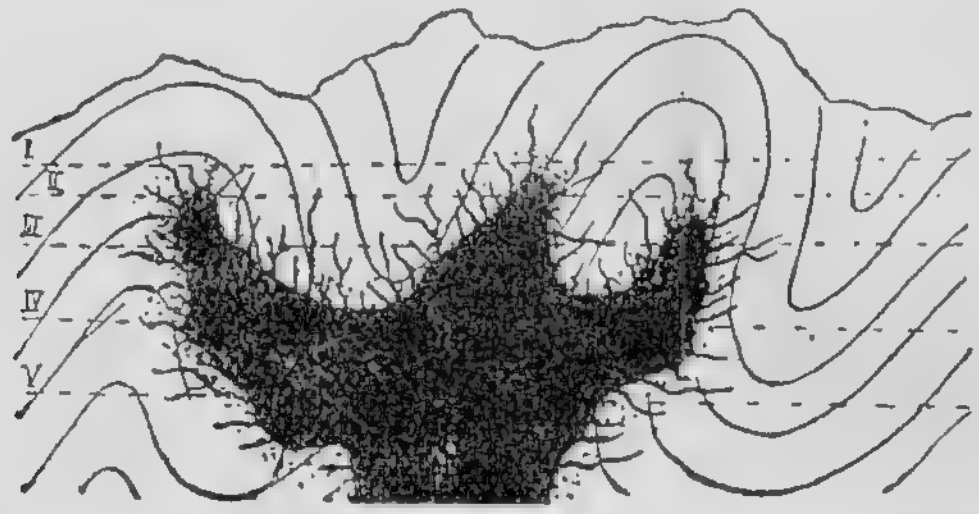


Рис. 86.

Профиль неправильно развитого гранитного штока (лакколита — черного цвета), внедрившегося в складчатый сланцевый хребет, который дал множество жил и изменил благодаря контактовому метаморфозу соседнюю породу. Горизонтальные линии соответствуют различным разрезам, появлявшимся один за другим на поверхности земли от постепенного выветривания и сноса.

пока на поверхности не показались первые следы контактовой зоны (рис. 87). Есть области, где только неправильно ограниченный участок пород, измененных контактовым метаморфозом дает указание о существовании под землей гранитного штока.

Рис. 87.

Начало выхода, представленное двумя пятнами сланца, измененного контактовым метаморфозом, через который проходят несколько гранитных жил (плоскость разреза по линии I).

Впоследствии этот покров тоже удаляется и плутонический шток выходит на поверхность сначала в виде отдельных мелких, а потом все более и более сливающихся поверхностей (рис. 88, 89, 90 и 91).

В то время как выветривание и снос проникают все глубже; площадь, покрытая гранитом, становится все шире, и так как эта порода тверже, чем

Рис. 88.
Второй разрез, на котором в средине показались небольшие гранитные поверхности и связали воедино гранитные жилы.

Рис. 89.
Благодаря понижению поверхности снова увеличились гранитные площади и появились новые системы жил между контактовыми зонами.

покрывающие ее сланцы, то она медленно освобождается из-под них и, наконец, после того как исчезнут покрывающие ее толщи, выделяется в виде отдельной гранитной вершины (рис. 85). Снос все глубже

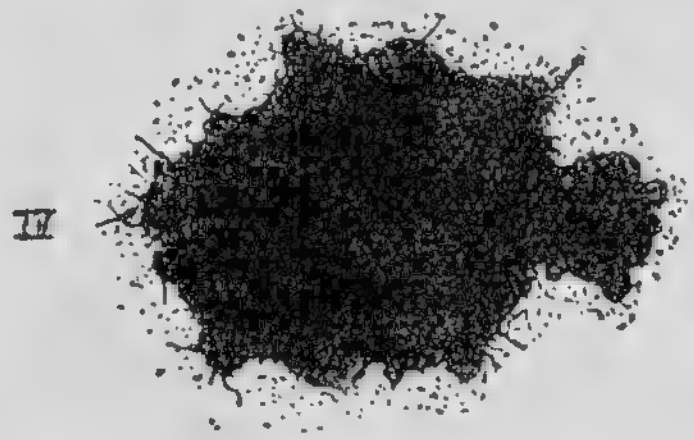


Рис. 90.
Если гранитный шток будет разрезан в самой широкой части, то мы видим большую неправильную гранитную массу, окруженную ее контактовой зоной, пронизанной жилами.

Рис. 91.
Снос дошел до ножки гранитного штока; контактовая зона окружает уже небольшую гранитную массу.

проникает в недра земли и на поверхность выходят первые отложения ценных минералов, за которыми рудокоп следует потом на сотни метров в глубину.

Таким образом, развалины первобытных гор — Фихтельгебирге, Рудных, Гарца, Урала и Алтая, или северо-американские Скалистые горы, превратились в богатые кладовыя земли и в то же время они дают возможность заглянуть в окаменевшие плутонические образования давно прошедших времен.

15. Вулканизм.

Немного найдется таких явлений, относительно которых высказывалось бы так много ошибочных представлений и которые возбуждали бы к себе такой живой интерес, как явления вулканические. Представления, которые наука уже много лет отбросила, еще продолжают господствовать в широких кругах. По прежнему еще часто называют вышеописанные плутонические процессы, так же как землетрясения и процессы горообразования «вулканическими», хотя бы при них не наблюдалось никаких следов вулканических явлений. Каждый горячий ключ, всякий оползень зачислялся в вулканические явления, и эти явления вызвали массу самых противоречивых мнений.

Знаменитое лиссабонское землетрясение 1755 г. произошло в совершенно невулканической области и, если в то же время в Германии иссякли некоторые ключи, то это указывает только, как далеко распространяются в земной коре такие невулканические сотрясения. В 1898 г. в сев. Индии случилось землетрясение, действия которого были очень опустошительны. Хотя его область была исследована лучши-

ми геологами, однако они не нашли никакого следа вулканических явлений, и на многочисленных соседних вулканах Зондского моря это землетрясение нисколько не отразилось.

С другой стороны, в 1883 г. было страшное вулканическое извержение Кракатау в Зондском проливе без всякого предшествовавшего или сопровождавшего землетрясения, хотя при этом взлетела на воздух большая гора.

Когда в 1883 г. страшное землетрясение посетило вулканический остров Исхию и погребло многие сотни людей под развалинами Казамиччолы, Везувий, находящийся поблизости, оставался совершенно спокойным, и Неаполь, построенный на вулканической почве, получил первое известие о бедствии на следующий день от оставшихся в живых беглецов.

Вопреки этим фактам, ясно указывающим, что землетрясения и вулканы не находятся в обязательной связи между собой, имеет значение и то обстоятельство, что в других случаях землетрясения и извержения находятся в тесной зависимости. Землетрясение может подготовить извержение вулкана, проникающая вверх в земной коре магма может вызвать разрушительные толчки, но мы все таки должны оба явления резко отличать одно от другого.

Для вулканических явлений необходимо, чтобы в толще земной коры существовал путь до какого-нибудь раскаленного очага, по которому магма могла бы выйти на земную поверхность. Что магма не обладает способностью прорывать собственной силой всю земную кору, на это указывают плутонические

горные породы. Было бы немыслимо, чтобы большие гранитные массы могли охлаждаться под покровом из горных пород мощностью в 1000 м., если бы магма обладала силою пролагать себе путь в земной коре без посторонней помощи.

Необходимо, очевидно, участие еще другой силы, и мы видим ее в силе горообразовательной. Если последняя разобьет трещинами земную кору, то на больших глубинах часто, хотя и не всегда, образуются разрывы пластов и области уменьшенной плотности пород. Расположением таких зон нарушений и обусловливается, будут ли иметь место плутонические или вулканические явления. Только сопутствующие обстоятельства вызывают тот или другой процесс.

Вулканы, следовательно, не представляют собою предохранительных клапанов, затрудняющих землетрясения и препятствующих горообразованию. В них мы имеем сопутствующие явления и следствия охлаждения и стяжения земного шара.

Если мы пожелали бы распределить различные явления, наблюдаемые в вулканической области, в ряд следующих один за другим процессов, то получилась бы картина, представленная на рис. 92.

Стяжение, существующее в земной коре, разрешается разрывом ее, идущим настолько глубоко, что находящаяся ниже раскаленная стекловидная магма с ее газами может подняться на поверхность.

Когда горообразовательный процесс разорвет внешние слои земной коры, то из трещин вырываются выделяющиеся газы и вытекает река расплавленного

стекла. Остиндский Декан в конце мелового периода был залит огромным лавовым покровом, который около Бомбея достиг мощности в 1000 м. Часто выходят на поверхность менее значительные массы магмы, отлагающиеся или в виде куполов, или стекающие по наклонной поверхности в виде лавовых потоков.

Не редки случаи, когда разрывы коры не доходят до поверхности. Они составляют переход между только что описанными трещинами и плутоническими щелями. Богатая газами магма останавливается, может быть, на глубине 1000 м. под поверхностью земли, и ее раскаленные газы собираются на верхнем краю трещины, или — вследствие воздействия горячей магмы на другую породу (напр. известняк) — развивается большое количество газов. Делали опыты с перегретым водяным паром и оказалось, что он действует как самые сильные кислоты. Неудивительно поэтому, что газы просверливают круглые каналы в ненарушенных участках земной коры и быстро достигают поверхности. С треском, как при взрыве, вылетают горячие газы, отрывают от стенок канала громадные массы обломков и образуют, как взорвавшаяся мина, воронку в земной коре.

Во многих случаях вулканическая деятельность этим и заканчивается. Остывшая на глубине магма не выходит и воронкообразное отверстие постепенно наполняется водой и существует некоторое время в виде мары или кратерного озера.

В других вулканических областях прорыв земной коры является только началом дальнейших изверг-

жений. Если магма при взрыве лишилась газов, то вытекает бедная парами лава. Если же в магме

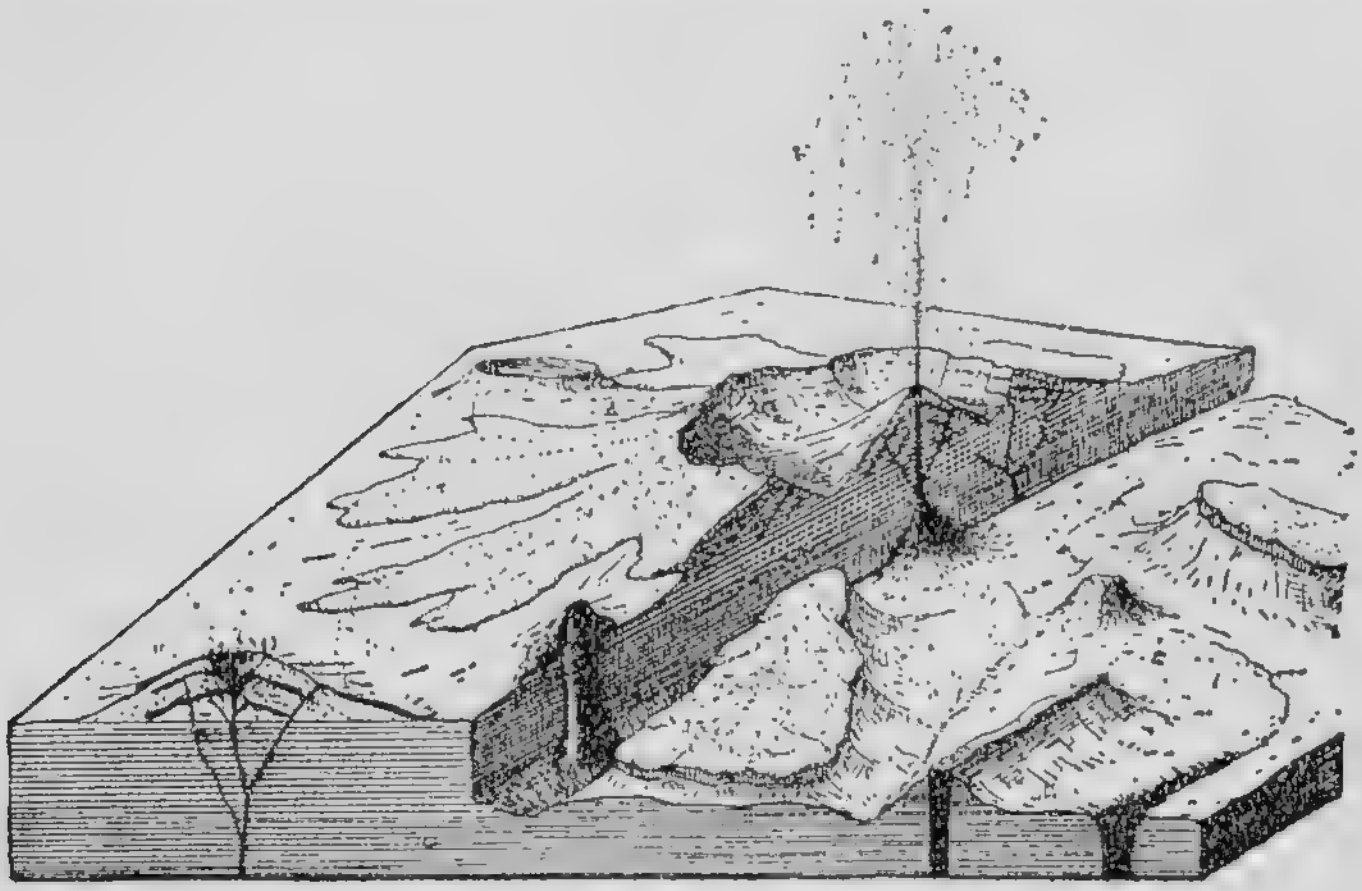


Рис. 92.

Поверхность и разрез через деятельную вулканическую область (налево) и поверхность вулкана, долгое время подвергавшегося сносу (направо). Налево на переднем плане простой вулкан, построенный из слоев пепла (пунктир) и потоков лавы (черная), направо рядом куполовидный столб из лавы, на заднем плане мара. Большое кратерное кольцо, окруженное древними потоками лавы, образовалось благодаря продолжительному разрушению некогда более высокого вулкана, в котором позднее образовался новый вулканический конус, выбрасывающий в воздух столб пепла. Направо, вследствие продолжительного сноса прежний средний конус из пепла совершенно исчез, только на глубине поднимается старый заполненный кратер. Расширенные концы лавовых потоков возвышаются в виде базальтовых островных гор над равниной, изрезанной долинами. Лавовый купол образует округлую базальтовую гору, а твердая базальтовая жила сохранилась в виде стены, тогда как рядом более мягкая, разбитая трещинами лавовая порода выветрилась сильнее и образует дно узкой долины.

содержатся еще большие массы паров, то она становится пузыристою, вздувается, пенится, и миллионы лопающихся пузырьков разрывают ее в бес-

численные мелкие пылинки, взлетающие высоко вверх вместе с парами в виде облаков вулканического пепла.

Насыщенные пеплом пары поднимаются до высоты 10 и более км., их мельчайшие частички подхватываются ветром и могут быть перенесены на далекие расстояния. Более тяжелые части падают вниз, скопляются в кольцеобразный вал вокруг отверстия канала и образуют кратер вулкана.

Все описанные явления происходят одновременно или последовательно, чем и об'ясняются громадные различия в деятельности и формах вулканических образований.

Никто не может сказать по виду вулкана, потух ли он вполне, или еще нет, никто не может предвидеть, начнется ли и когда его скрытая подземная деятельность.

Один вулкан представляет крутой конус пепла без потоков лавы. Склоны другого покрыты бесчисленными лавовыми потоками. На Везувии внутри сильно разрушенного старого кратерного кольца (Сомма) мы видим конус с кратером, образовавшийся во время гибели Помпеи в 79 г., тогда как Альбанские горы около Рима представляют три различные по возрасту, лежащие одно внутри другого, кратерные кольца, а круглые озера Альбано и Неми являются прелестными марами. На Этне вулканические пары пролагали себе все новые и новые каналы, так что на пологом пепловом конусе главного кратера в 60 клм. шириной сидят теперь до 50 так называемых паразитных кратеров.

Хотя Германия в недавнюю геологическую эпоху была театром многочисленных вулканических извержений, однако выветривание и снос совершенно разрушили первоначальные насыпные формы. Только несколько красивых мар в Эйфеле сохранились еще в своем первоначальном виде. Но напрасно было бы искать древних кратеров в Вестервальде, в Фогельгебирге, в Рёне, Франконии или в Сев. Богемии. Тут мы видим только сильно размытые и из-

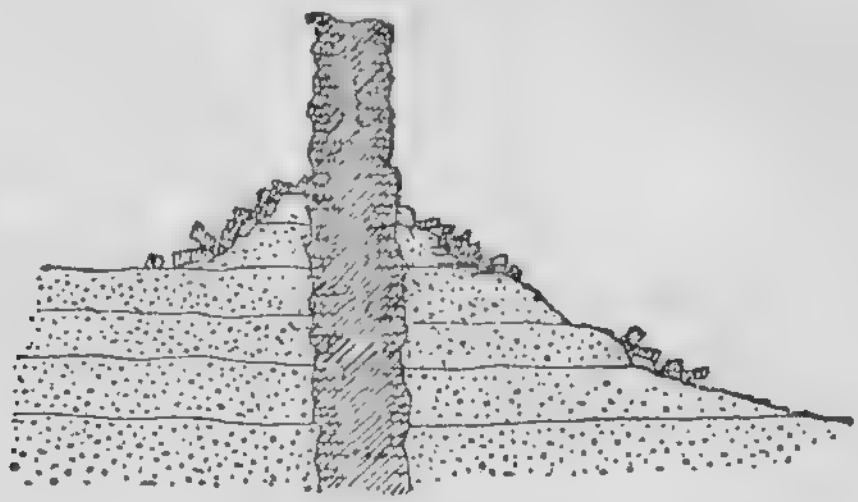


Рис. 93.
Твердая базальтовая жила прорезывает мягкий слоистый песчаник. Выветривание выделило ее из окружающей породы, так что она возвышается в виде высокой стены. Свалившиеся обломки базальта прикрыли поверхность соприкосновения обоих пород.

мененные интенсивной эрозией развалины вулканов. И подобно тому, как требуется опытный глаз архитектора, чтобы распознать в развалинах старинного замка прежнюю форму давным-давно разрушенного здания, так точно только опытный геолог может восстановить в прежней связи разрушенные смывом вулканические группы. Выделенные выветриванием в виде стен жилы (рис. 93), обнаруженные путем смыва круглые ножки лавовых куполов (рис. 4 — выход базальта), разбитые на части лавовые потоки

(базальтовые горы, рис. 92) окружены или отчасти связаны с последними остатками теперь, по большей части, уже исчезнувших пепловых конусов. (См. доп. 17.)

В заключение мы должны рассмотреть породы, образующиеся при описанных вулканических процессах. Следует различать вытекшие лавовые породы от пород, образовавшихся из выброшенного пепла. Во многих случаях отвердевший лавовый поток обнаруживает еще стекловидные свойства поднявшейся магмы. Пестрые скалы цехштейна (смоляного камня) у Мейссена, черные обсидиановые потоки на Липарских о-х и в Сев. Америке (Йеллостонский парк) мало отличаются от любого стекла, выплавленного на стекольном заводе. Впрочем, при микроскопическом исследовании тонких отшлифованных пластинок можно заметить, что в массе стекла выделились мельчайшие зернышки и кристаллики минералов. Путем сравнения с другими вулканическими лавовыми породами можно установить полный ход развития, при котором, благодаря постепенному росту мелких кристалликов (микролиты), медленно исчезает прежняя масса стекла и превращается в породу, состоящую сплошь из незаметных, может быть, простым глазом, но отчетливо видных под микроскопом мелких кристаллов.

Отдельные кристаллы часто обгоняют в росте другие. Тогда они являются включениями в плотной основной массе, которая часто содержит еще более мелкое второе поколение того же минерала; мы называем такую породу порфировой. Если охлажде-

ние и потеря газов идет очень медленно, то магма отвердевает в крупнозернистую породу, отдельные кристаллы которой заметны даже простым глазом, но под микроскопом мы отличаем между ними еще остатки прежнего стекловидного потока. Такие образования составляют переход к описанным ранее плутоническим породам.

Различный химический состав магмы, более или менее высокое содержание паров в ней, продолжительность и условия ее остывания служат причинами огромного разнообразия вулканических пород, насчитываемых сотнями.

Породы, образованные из вулканического пепла, хотя и состоят из той же массы, как вулканические лавы, но их возникновение происходило при совершенно иных условиях. Бесчисленное количество пузырьков пара разрывало магму на клочья различных размеров. Крупные клочья, особенно, если при взлетании на воздух они спирально вращались, образовали так наз. бомбы, более мелкие — лапилли (камешки). Далее следуют по мере уменьшения величины зерен — вулканический песок и пепел.

Все эти массы скопляются вокруг кратера. То они сортируются соответственно величине, то смешиваются без порядка. Их рыхлость и пористость делает их способными поглощать и удерживать долгое время большое количество дождевой воды. Поэтому они быстро подвергаются химическому выветриванию и разложению. Мелкие, рыхлые частички склеиваются между собою и образуют вулканические туфы, а из них, путем последующего разло-

жения, происходят глины, глинистые сланцы и аркозы. Большое число подобных отложений, образовавшихся вблизи прежних вулканов, состоит, как оказывается, из смеси вулканического материала с морским песком или отложениями ила.

Вулканические пары, с выделения которых обычно начинается извержение, сопровождают во многих случаях и позднейшие стадии деятельности вулканов и могут даже и после прекращения извержений выходить на поверхность по старым или новым путям. Если в первой фазе деятельности вулкана вместе с парами воды и углекислотой вырываются из недр земли также соляная кислота, серная, плавиковая, борная, мышьяк, ртуть и различные газы, то с потуханием вулкана все вещества, становящиеся газообразными только при высоких температурах, остаются в глубине земной коры, и лишь горячая вода и углекислота выходят еще на поверхность. Поэтому мы и находим так часто в когда-то деятельных вулканических областях горячие и кислые источники. Первые, при более сильном развитии паров, представляют характерные явления кипения.

В некоторых же случаях в земной коре, пронизанной трещинами, образуются пустоты, в которых собирающийся водяной пар остается до тех пор, пока не будет в состоянии выбросить давящий на него сверху столб воды. Тогда образуется гейзер, каких мы знаем несколько в Исландии и Новой Зеландии, особенно же в Иеллостонском парке Сев. Америки. Не трудно сообразить, что такие горячие воды могут вызывать в земной коре крупные химические

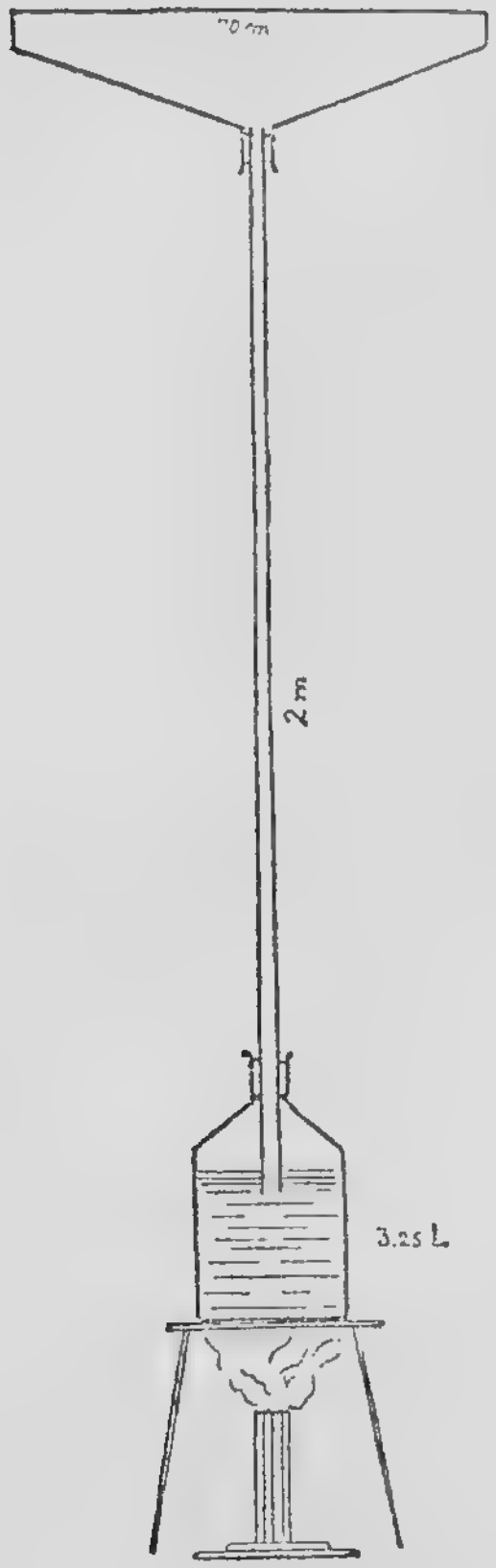


Рис. 94.

Прибор для воспроизведения гейзера, сделанный из жестяной бутылки емкостью в 3,25 литра и из стеклянной трубки в 2 м. длиной, несущей сверху жестяную воронку в 70 см. шир. Для нагревания воды, лучше несколько подкрашенной, служит достаточно сильная бунзеновская горелка.

и физические изменения пород и способствовать образованию минеральных и рудных жил.

Задачи.

115) Проживающему в вулканической стране рекомендуется собирать все вулканические породы, указанные на геологической карте. Особенный интерес представляют туфовые породы, так как они, во-первых, содержат очень часто прекрасные окаменелости (особенно растений, которые росли по склонам прежнего вулкана), а затем и бомбы их дают интересный материал для изучения. Часть бомб происходит из глубоких слоев и дает нам понятие о строении более глубоких частей земной коры (кристаллические сланцы и т. п.); другие бомбы образуются из поверхностных слоистых пород, которые в эпоху извержений еще залегали, а с тех были смыты.

116) Простой прибор (рис. 94) для воспроизведения гейзера, можно устроить следующим образом: стеклянная трубка шириной в 1,5 см. и 2 м. длиной несет наверху широкую плоскую воронку из жести в

20 см. шириной, а внизу она соединена при помощи пробки с толстостенной бутылкой емкостью в 3,25 литра, помещенной на тарелке, заполненной песком, и нагреваемой снизу сильным газовым пламенем (бунзеновской горелкой). Нижний конец трубки должен быть погружен см. на 2 в воду, подкрашенную несколькими каплями красных чернил. Когда вода в бутылке закипит и в пустом пространстве над ней давление паров возрастет, то столб воды выбрасывается и спустя короткое время снова стекает в трубку; через несколько минут то же явление начинается снова.

16. Последовательность слоев.

Наблюдатель, ознакомившийся с отдельными обнажениями на своей родине и изучивший встречающиеся в них породы со стороны их строения и распределения, для того, чтобы составить себе картину геологического строения (тектоники) страны, должен разрешить несравненно более трудную задачу, — именно, расположить все найденные им породы в последовательный ряд. При этом самые древние, т. е. всего ниже залегающие породы, должны составить основу, на которой последовательно распределяются более новые образования.

Результаты таких изучений сводятся к т. наз. *пояснениям*, составляющим текст к геологической карте. Читающий сжатое изложение такого текста, не может сразу представить себе, сколько было положено на него труда. Мы можем только в общих чертах наметить здесь способ установления нормальной последовательности слоев в какой-либо стране.

Начинают обыкновенно с породы, выходящей на поверхность в наиболее крупных и частых обнаже-

ниях. Каменоломни и подобные им искусственные или природные разрезы слоев часто дают возможность измерить мощность известной породы и установить форму ее залегания. Если перед нами вулканическая порода, идущая в виде жилы или пронизывающая другие породы, дальнейшая работа становится труднее. На 1-м рис. жила вулканической породы прорезывает пласты и только в одном пункте может быть наблюдаема — на поверхности; ее положение можно правильно показать только после точного сопоставления соседних разрезов. Напротив, при породах слоистых легко найти на том или ином обнажении залегающие под или над известным пластом соседние слои.

Если мы будем производить наблюдения вверх по горному склону, то при горизонтальном положении слоев и в области с ненарушенным напластованием мы можем на отдельных обнажениях проследить последовательное распределение пород до самой вершины; производя исследования вниз по склону, мы встретим, наконец, самые нижние слои у его подошвы.

Если мы попробуем затем связать наши наблюдения, то нам придется начертить так назыв. п р о ф и л ь горного склона, т.-е. идеальный разрез, на котором можно окинуть одним взглядом расположение отдельных слоев и их относительную мощность (рис. 95 и 96).

Попытаемся теперь повторить эти наблюдения на противоположном горном склоне. При этом, может оказаться, что на том же уровне выступают здесь другие породы. Может быть, нам удастся найти какой-либо слой, особенно характерный по своему

цвету или строению, и на этом склоне горы, но уже на другой высоте. Если слой при горизонтальном напластовании лежит глубже, то он даст нам возможность наблюдать покрывающие его породы, уже смытые со склона, исследованного нами ранее. Мы можем, таким образом, дополнять и продолжать общий профиль и попутно придти к установлению незаметного непосредственно сброса или складки, пересекающих дно долины.

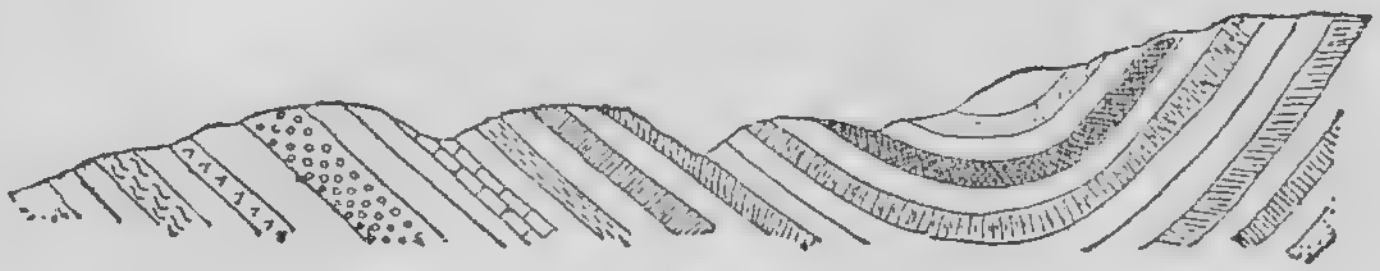


Рис. 95.

Профиль мульды. Слева направо наблюдатель идет по головам слабо падающих пластов к вогнутым дугообразно слоям, переходит три долины, образованные в более мягких породах и, продолжая путь, вступает опять на выходящие по другую сторону головы тех же пластов.

Если слои слабо наклонны, то, может быть, соседние долины дадут возможность дополнить профиль и проследить больший ряд пластов (рис. 95). В этом случае пересекают возможно чаще направление простирания пластов и в каждый момент стараются выяснить, двигаются ли в сторону лежачего или висячего бока.

От внимательного наблюдателя не ускользнет, что в некоторых слоях содержатся отпечатки растений или остатки раковин животных. Их называют окаменелостями или отпечатками. Наука, занимающаяся изучением окаменелых остатков животных и растений, называется палеонтологией.

Название «окаменелость» не означает, что какая-либо часть животного или растения обратилась в камень (окаменела), но указывает, что в данном случае мы имеем перед собою остаток вымершего растения или животного. Так, в мерзлой почве Сибири находили сохранившимися трупы мамонта с кожей, волосами; даже его мясо, внутренности и содержимое желудка почти не изменились и, тем не менее, в данном случае говорят о настоящей окаменелости. Насекомыя, заключенные в янтаре, совершенно исчезли, осталась только заполненная воздухом пустота, и все-таки это — настоящие окаменелости. Упомянутые ранее следы ступней большой саламандры в этом смысле также окаменелости.

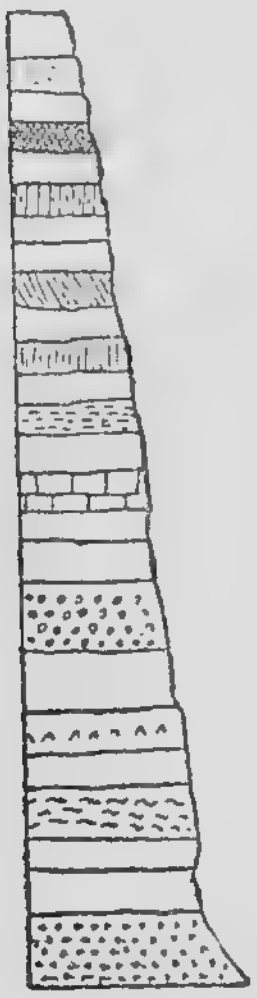


Рис. 96.

Вертикальное распределение представленных на предыдущем профиле слоев.

В то время как животныя и растения настоящего времени называются современными, вымершим организмам прежних эпох придается название ископаемых (fossil), и только там, где, напр., благодаря недавнему поднятию морского берега выступает на поверхность бывшее дно моря с жившими на нем скорлупчатыми животными, можно применить термин полуископаемые (subfossil). В большинстве случаев от вымерших организмов остаются в породе только их отпечатки, а органическое вещество их исчезло. Оттиски внешней поверхности

называют отпечатками, а выполнения внутренней полости — ядрами. Промежуток между ними, часто пустой, был некогда заполнен разложившейся потом раковиной. Часто этот промежуток, подобно тому, как трещины в породах, снова заполняется химическими новообразованиями из извести, кремневой кислоты, слоями металлов, асфальтом и т. п.

Растительное вещество листьев часто превращается в уголь; в других случаях оно совершенно сгнивает и на породе остается только отпечаток жилковой сети листа. Кости крупных позвоночных животных, благодаря проникающей воде, становятся мягкими и рыхлыми; их следует тщательно пропитать клеем, прежде чем извлекать из породы. Раковины и панцыри большинства морских животных состоят, впрочем, из очень устойчивой известковой массы и потому особенно хорошо сохраняются в пластах. Если даже вещество их совершенно растворилось, то они обыкновенно оставляют после себя отчетливый отпечаток или ядро, так что их можно тщательно отпрепарировать из породы.

Можно иногда смешать случайные неорганические образования с действительными окаменелостями. Так, некоторые узкие трещины в породах бывают покрыты красивыми, темными, похожими на мох, рисунками, известными под названием дендритов, образующихся путем химического выделения солей железа или марганца. Змеевидные валики или морщинистые борозды, встречающиеся на поверхности пластовых плит, представляют собою, вероятно, следы, оставленные ползавшими мягко-

телыми. Процессы выветривания образуют иногда «фигурные камни», тоже напоминающие животных или растений. Но такая «игра природы» не имеет ничего общего с органическими формами. Можно избежать ошибки, если принять в соображение, что большинство настоящих окаменелостей состоит из другого (обыкновенно более твердого) вещества по сравнению с породой и, в большинстве случаев, отделяется от нее резкими границами. Нужно иметь в виду и то, что с подобной игрой природы встречаются обыкновенно только в отдельных редких случаях; окаменелости же одного вида попадаются большей частью в известном слое во многих экземплярах.

Некоторые ископаемые встречаются во многих следующих один за другим слоях, другие ограничены только определенным слоем. Такие характерные формы для известного слоя называют руководящими ископаемыми.

Весьма важно выяснить, какие из ископаемых остатков должны считаться руководящими, так как при помощи их мы можем даже в случае неполных обнажений или невозможности наблюдать ряд слоев без перерыва, определить, что такой слой должен залегать там. Не следует только забывать что вследствие выветривания и оползней отдельные обломки могут скатываться на большее или меньшее расстояние вниз по склону в зависимости от его крутизны.

Руководящие ископаемые, таким образом, существенно облегчают нашу работу и дают возможность скорее ориентироваться во время экскурсий. Многие из них так характерны для определенных слоев,

что последние называют по этим окаменелостям, напр., слои известняка с раковинами известного вида аммонитов (Ceratites nodosus) называются подозовыми, а песчаники с отпечатками ступней большой саламандры (Chirotherium) — хиротериевыми. В руководствах по геологии изображены наиболее важные из руководящих ископаемых окаменелостей, и их нахождение в тех или иных слоях земной коры представлено на таблицах. Слой или группу слоев, определяемых известными окаменелостями, называют геологическим горизонтом.

Но даже и того, кто не имеет руководства и не может расширить свои изыскания за пределы родины, новая находка хорошо известного ископаемого и возможность определения при помощи его того же самого горизонта всегда обрадует в его экскурсиях.

Руководящие ископаемые являются необходимыми пособиями геологической работы при исследованиях стран с сильно нарушенным напластованием. Многочисленные изгибы пластов, связь которых часто скрыта лесом или пашней, частые сбросы, разорвавшие связь слоев, но незаметные ни на одном обнажении, не давали бы возможности проследить последовательность слоев, если бы мы не могли пользоваться горизонтами, содержащими окаменелости.

А между тем, именно области с нарушенным напластованием особенно важны потому, что тут бывают собраны весьма различные формации, другими словами, имеются очень длинные ряды слоев. Неоднократно разорванные, сдвинутые и сложенные в складки породы часто сохранились только в виде небольших

остатков (рис. 97), и всетаки их последовательность может быть представлена на общем профиле (рис. 98).

Но если даже разнообразие геологических явлений невелико, если перед нами только наслоение немногих горных пород, то всетаки необходимо «расчленить» их и с особенной тщательностью изучить слои, содержащие окаменелости. Ископаемые

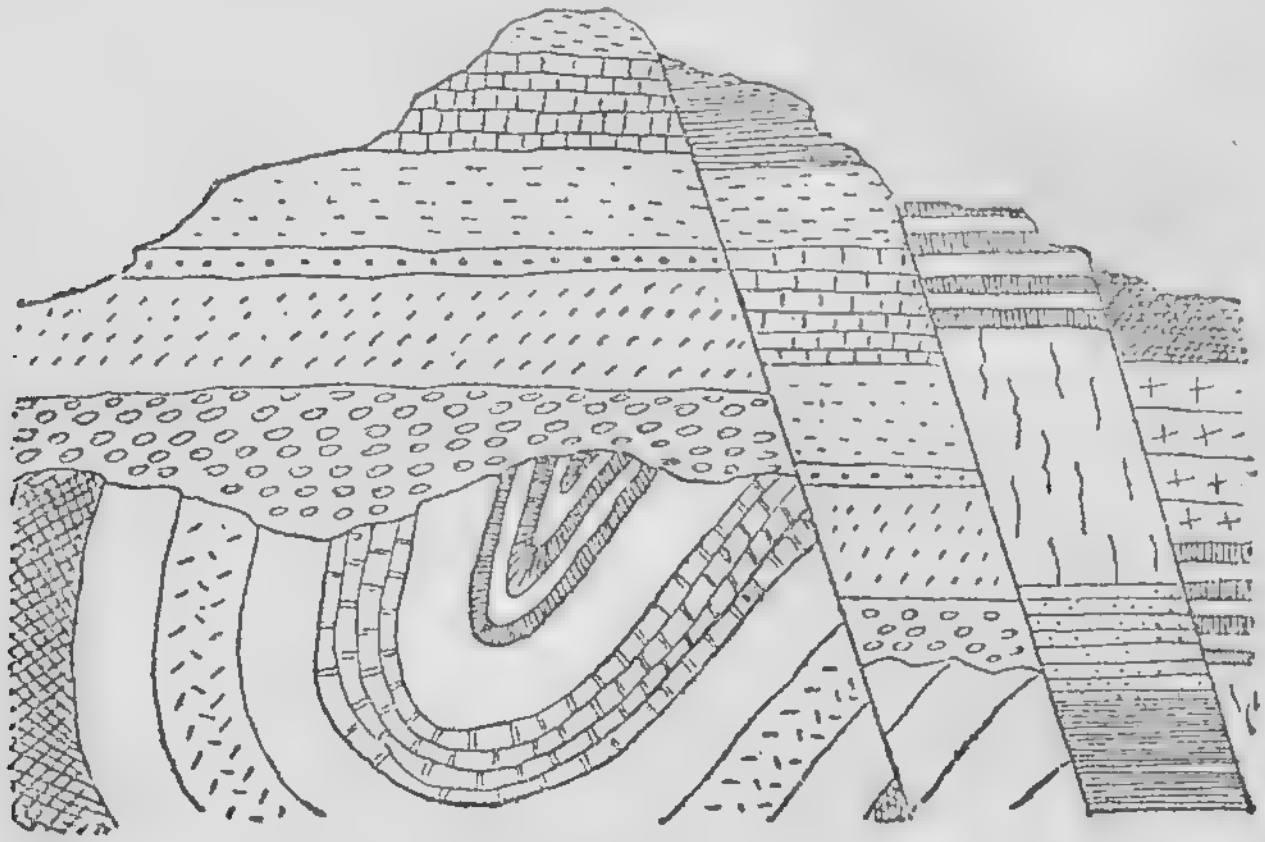


Рис. 97.

Профиль древнего складчатого нагорья, покрытого несогласно пластующимися позднейшими слоями, которые в свою очередь подверглись расколу и были сдвинуты один относительно другого.

дадут нам возможность не только установить пространственное распределение слоев, но и послужат документами для выяснения прежних географических условий нашей родины.

Если в известной породе встречается большое число окаменелостей, родственные формы которых живут ныне только в море, то это доказывает, что перед нами бывшее морское дно, а если песчаник

представляет отпечатки пальмовых листьев, то мы можем заключить, что в эпоху его образования в данной стране господствовал теплый климат.

Путем долгой, кропотливой работы геологи во многих странах исследовали последовательность земных слоев и дали определенные названия для их различения. Некоторые из этих названий были вызваны свойствами характерных пород, другие — были даны по знаменитым местам нахождения или по историческим именам; но нужно помнить, что все эти названия так называемых систем теперь утратили свой истинный смысл. Никто ведь не думает, что 10-ый месяц нашего времясчисления прежде был 8-м месяцем года и потому несет еще теперь название «октябрь»; точно так же и названия «каменноугольная», «раковинный известняк», «мел» не имеют теперь соответственного смысла, так как в «карбоне» (каменноугольной системе) имеются белые известняки, в «раковинном известняке» — каменная соль без раковин, а в «мелу» — черные каменноугольные пласты. Названия, приведенные в нижепомещаемой таблице, обозначают образования различных эпох, а не определенные виды горных пород.

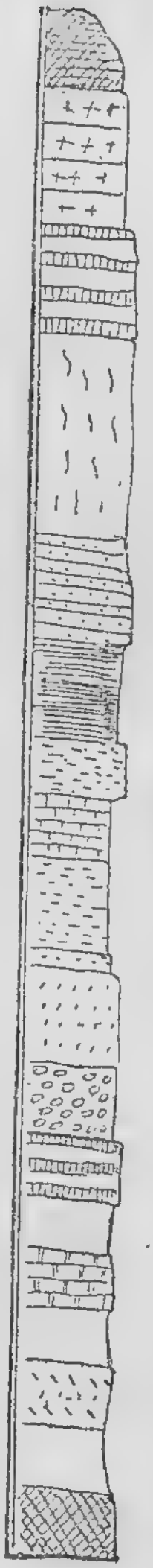


Рис. 98.
Нормальное положение разных пород, представленных на рис. 97 в их сложном взаимном залегании.

Таблица систем:

10 { Послетретичная, современная эпоха (аллювий).
{ Дилювиальная, четвертичная, ледниковая.

9 Третичная система.
- d. Плиоцен.
- c. Миоцен.
- b. Олигоцен.
- a. Эоцен.

8 Меловая.
- e. Сенон (писчий мел).
- d. Турон (плитовый песчаник).
- c. Сеноман (зеленый песок).
- b. Гольт (горючий мергель).
- a. Неоком (нижн. зелен. песок).

7 Юрская.
- c. Мальм (белая юра).
- b. Доггер (бурая юра).
- a. Лейяс (черная юра).

6 Триасовая.
- c. Кейпер.
- b. Раковинный известняк.
- a. Пестрый песчаник.

5 Пермская.
- б. Цехштейн.
- a. Красный лежень.

4 Каменноугольная.
- b. Верхний (слои угля; часто попадается гранит).
- a. Нижний (кровельный сланец, кульм).

3 Девонская.

2 Силурийская.

1 Кембрийская.

Кристаллические сланцы.

Задачи.

117) Определи последовательность слоев в данной местности с указанием мощности пластов и встречающихся в них окаменелостей.

118) Собирай руководящие ископаемыя; определи на профиле точную верхнюю и нижнюю границу их нахождения.

119) Для воспроизведения дендритов, намажь лист бумаги тонким слоем крахмального клейстера и после его высыхания налей каплю туши, чернил или акварельной краски.

17. Картографическое изображение.

Когда мы выяснили последовательность слоев в известной местности, перед нами выступит другая, более трудная задача. Мы должны проследить породы, выступающие на отдельных обнажениях, в их распределении по площади страны. Если даже местность состоит из горизонтальных слоев, то при попытке обозначения на карте пространств, сложенных из одинаковых пород, одинаковыми знаками или одинаковым цветом, получается крайне пестрая картина, так как вследствие чередования гор и долин то одни, то другие слои выступают на поверхность, и нужна специальная подготовка, чтобы читать даже более простую геологическую карту. Лучший способ подготовки, — это самому составить геологическую карту хотя бы небольшого участка. Как поступать в данном случае, трудно, конечно, научиться из книги, но все-таки краткое наставление может быть полезным.

Предполагается, что последовательность слоев в данной местности хорошо известна. Нужно в точ-

ности знать, как наслаиваются породы, и необходимо тщательное изучение горизонтов с руководящими ископаемыми. Затем нужно освоиться с топографической картой страны, так как она служит основой для геологической с'ёмки.

Почти вся Германия снята на план чинами генерального штаба, и так назыв. планшеты топографической карты представляют, каждая, поверхность около 10 клм. в квадрате (100 кв. клм.). Каждый планшет или лист называется по наиболее крупной населенной местности (или, в Альпах, по самой высокой горе). На этих планшетах рельеф поверхности и целый ряд других географических фактов представлены в масштабе 1 : 25000, т.-е. линия в 1 км. длиной имеет на карте длину в 4 см. (Так как есть карты в других масштабах, напр., в масштабе 1 : 100000, то нужно прежде всего выяснить величину масштаба). Изображаемый на карте масштаб дает возможность определять расстояние прямо циркулем. (См. доп. 18).

Важнейшие знаки или сигнатуры, при помощи которых изображаются на германских топографических картах дороги, селения, луга, лес и т. п., представлены на рис. 99.

Рядом со всеми этими подробностями ландшафта должен быть представлен на карте и рельеф страны с его возвышенностями и низменностями. Для этого пользуются обычно линиями одинаковой высоты или изогипсами (горизонталями), часто отпечатанными особым тоном краски. Горизонтальные линии, соединяющие пункты одинаковой высоты, про-

водят, смотря по крутизне склонов, на расстояниях в 1, 5, 10, 20 м. Некоторые линии (напр., для 20 м. или 100 ф.) обозначаются резче и при них выставляются цифры высот.

Карта производит этим впечатление, как будто весь ландшафт построен из возвышающихся одна над другою террас (ступеней) одинаковой высоты,

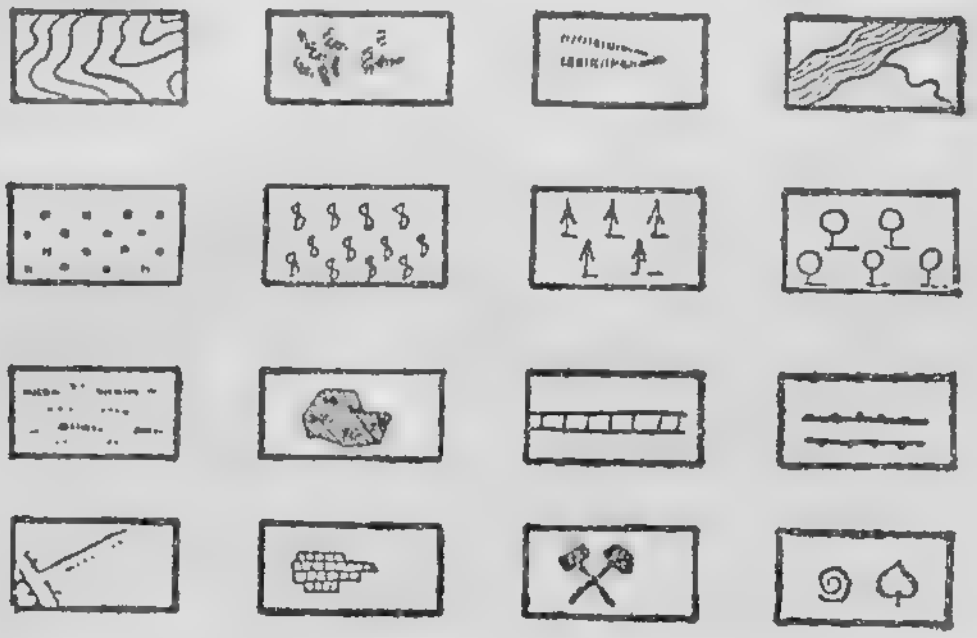


Рис. 99.
Важнейшие знаки германской топографической карты: изогипсы, скалы, овраг, река, луг, виноград, хвойный лес, лиственн. лес, пастбище, селение, железн. дорога, столбовая дор., проселочная дор., каменоломня, рудник, окаменелости.

края которых обведены изогипсами. Если бы можно было взглянуть на такую ступенчатую страну с высоты птичьего полета, то при пологих склонах края ступеней были бы значительно удалены один от другого, при крутом склоне они сходились бы все теснее, а при отвесном обрыве они бы совпадали.

Таким образом, достаточно одного взгляда на такую гипсометрическую карту, чтобы из расстояния между изогипсами определить степень крутизны

склонов. Очень крутые склоны выделяют при помощи штриховки, так как тесно сжатые изогипсы слились бы между собою.

С листом топографической карты в руках посещают прежде всего такие обнажения, которые или открывают большое число слоев или находятся так близко одно от другого, что в них легко определяются соответственные части известных слоев, и наносят на карту при помощи условных знаков выступающие в разрезах пласты.

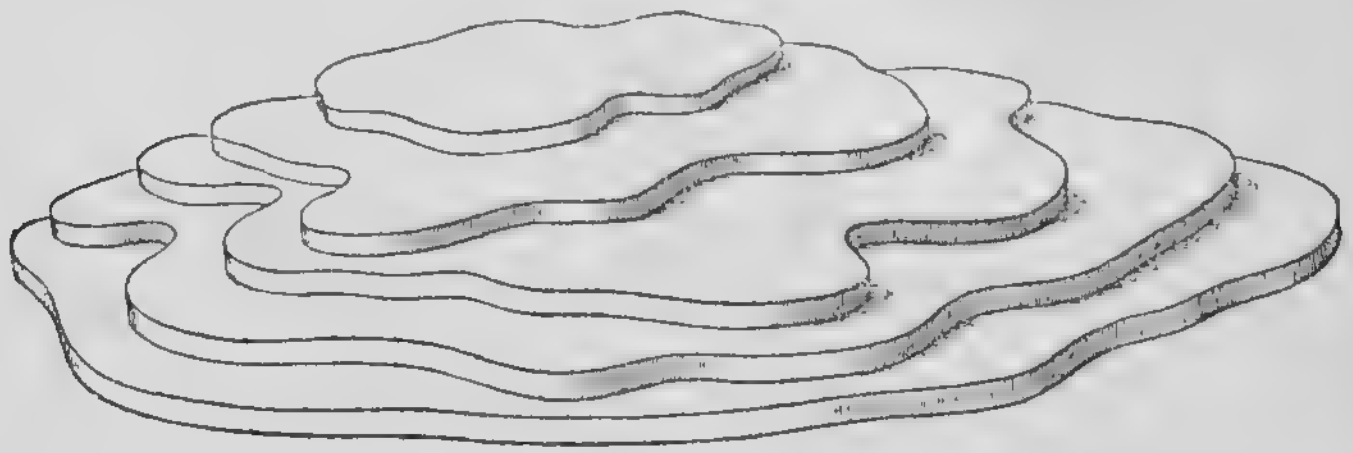


Рис. 100.
Модель для пояснения ступеней (террас), на которые мысленно разлагается ландшафт, представленный на карте изогипс.

Для этого всего пригоднее краски, а для того, чтобы всегда изображать ту же породу или тот же горизонт одинаковой краской, рекомендуется перед началом работ нанести на карту геологическую легенду, т.-е. ряд небольших равных четырехугольников, которые раскрашивают предварительно цветным карандашом или водяными красками в цвета, соответствующие определенным слоям профиля, и сопровождают пояснительными надписями.

Геологическая карта должна дать наглядное представление о двоякого рода фактах: во-первых, она

должна показать распространение данных горных пород или серий их, характеризуемых руководящими ископаемыми, и, во-вторых, должна наметить границы этих слоев с соседними сериями. Так, как эти границы редко бывают хорошо видны в разрезах, то нужна большая практика и верный глаз для того, чтобы на основе занесенных часто обломками обнажений точно установить подземное положение границ слоев, которые необходимо нанести на карту.

Если принять в расчет, что по склонам сносятся продукты выветривания, часто на много ниже границ породы, то станет понятным, что даже при самых тщательных съемках могут вкрадываться ошибки при определении границ пород, если только в распоряжении исследователя не было в большом числе буровых скважин или естественных обнажений. Поэтому каждый любитель геологии, встречая новые обнажения, может вносить более или менее ценные поправки в геологическую карту, ошибки которой об'ясняются тем, что либо ранее какой-нибудь выход породы остался скрытым под осыпью, либо подземная граница между известными пластами проходит несколько иначе.

Но, вообще, мы должны предостеречь от скороспелых попыток исправления геологической карты при пользовании ею; требуется известный навык даже для того, чтобы отыскать все представленные на карте данные. Стоит только сделать попытку раскрасить какой-нибудь горный склон, уже геологически снятый, не пользуясь готовой картой, и затем сравнить свою работу с последней, тогда легко увидать

собственные ошибки и многому поучиться в оценке геологических с'емок.

При изучении геологической карты начинающий встречает особенно затруднения в том, что покров из продуктов выветривания, скрывающий в горных местностях скалистую основу, бывает то нанесен, то нет. В прежнее время этот покров обыкновенно не обозначался, теперь стараются по возможности изобразить и его, как в практических, так и научных целях. Если мощность покрова превышает 1 м., на фон коренной породы может быть наложена краска или штриховка, соответствующая этому покрову. Поэтому многие новые карты имеют очень пестрый вид, и соотношения между представленными на них породами часто не легко себе уяснить.

Особенно интересные находки изображаются на карте даже тогда, когда они настолько малы, что по масштабу карты их собственно нельзя было бы нанести. Так, отдельные валуны, тонкие вулканические или рудные жилы и т. п. иногда наносятся на карту в увеличенном виде.

Задачи.

120) Собери коллекцию всех видов горных пород, обозначенных на геологической карте данной местности. Куски должны иметь со всех сторон свежие поверхности излома и быть, приблизительно, одинаковых размеров. Место находки каждого куска должно быть точно обозначено на приложенной этикетке.

Для сохранения образцов лучше всего пригодны картонные ящики. Камни никогда не должны лежать в ящиках один на другом.

121) Расположи коллекцию в историческом порядке, пользуясь текстом, приложенным к геологической карте.

122) Распредели все характерные руководящие ископаемые по соответственным породам.

123) Кто испытал удовольствие, доставляемое собранной лично коллекцией, тот будет стремиться пополнять ее. Но усердие в собирании может повести к тому, что при этом забудется научная цель. Природа щедро расточает свои сокровища, и кто их находит, тот должен делиться с другими своими излишками. С обогащением публичных музеев развивается и геологическая наука; кто способствует росту этих музеев, тот содействует научным исследованиям и просвещению своего народа.

18. Последовательность времен.

Каждая горная порода есть результат известных образовательных процессов и каждый геологический слой составлял в эпоху своего образования наружный покров земной поверхности, прикрытый воздухом, водой или льдом. Снесен ли ветром слой песку в дюнный холм, или песчаный слой отложился на дне моря, образовался ли пласт известняка из разрушенных раковин, или слой торфа из перегнивших растений, рассыпал ли действующий вулкан свой пепел широко по стране, перенес ли ледник громадные массы щебня с гор в долину — во всех этих случаях образовался покров из горной породы, утолстивший земную кору на месте своего образования.

Приведенные примеры в то же время поясняют, что различие пород обусловливается различным способом их происхождения, а отсюда перед геологом возникает последняя задача — изучить и установить историю развития данной страны.

Работа эта предполагает такую массу сведений и может дать надежные результаты только на основе настолько обширного материала, собранного наблюдениями, что неспециалист не в состоянии даже для ограниченной местности начертить картину ее истории развития. Он должен довольствоваться проверкой и дополнениями выводов специалистов по доступным ему местным обнажениям своей родины.

Мы ограничимся, поэтому, только немногими указаниями того, как последовательность слоев может быть превращаема в последовательность времен или в историю данной страны.

Всякий висячий бок, моложе лежачего, и если слои содержат окаменелости, то эти последние соответствуют остаткам живых существ, которые обитали последовательно во время образования соответственных пород.

При этом следует, конечно, помнить, что в областях с нарушенным напластованием лежачий бок может находиться выше висячего и что нужно иметь в виду только ископаемые, заключенные в пластах, ибо окаменелости эрратических валунов, вулканических бомб или принесенных издалека галек не могут считаться ископаемыми характерными для места находки. Но там, где в выступающих слоях мы находим неокатанные остатки растений и животных, где рядом с листьями мы видим стволы и корни, рядом с костями черепа остальные части скелета животных, где изящные раковины моллюсков, панцыри морских ежей и пучки кораллов могут быть отбиты от горной по-

роды, там мы имеем право смотреть на наши находки, как на свидетелей геологического прошлого.

При этом особый интерес способны возбуждать в нас три группы фактов. Во-первых, нахождение морских животных в странах, лежащих теперь далеко от моря. Факт этот наводит нас на мысль о громадных преобразованиях, которые испытала наша земля в течение геологических веков. Мы мысленно ходим по когда-то бывшему морскому дну и, увеличивая наши коллекции, составляем все более полное представление об его животном мире. По величине ископаемых мы узнаем, жили ли вместе молодые и старые особи, а из числового соотношения — каким формам жилось всего лучше. Отдельный зуб хищной акулы или гада укажет нам, что и тогда суровая судьба нарушала мирную жизнь, и мы постараемся умножить наши поиски, чтобы отыскать более полные остатки редкого хищника.

Вторая группа интересных фактов связана с нахождением остатков таких растений, которые или совершенно вымерли или сохранились в настоящее время только в странах с другим климатом. Такие остатки сопровождают обычно залежи каменного угля, но встречаются также в песчаниках и глинах. Мы будем искать корней, чтобы выяснить, росли ли здесь эти растения; частое нахождение их в данной местности, большая или меньшая сохранность их разорванных листьев даст нам указания на условия их произрастания. Мы будем примерять, подходят ли один к другому различные остатки листьев, и постараемся вообще восстановить,

на основании более сохранившихся экземпляров, общий облик растения, а из совокупности форм — общую картину растительности.

Если мы найдем при этом еще крылья насекомых, кости и чешую рыб и пресмыкающихся животных, или даже только следы их, то перед нами дивным образом оживут своеобразные леса.

Третья группа явлений связана со способом наслоения горных пород. Мы должны проследить распределение вулканических жил и покровов, расположенных между слоистыми породами или на них, как порфир, диабаз, мелафир или базальт. Эти результаты деятельности вулканических сил дают несомненные доказательства того, что там, где мы теперь мирно живем, некогда действовали разрушительные силы подземного мира, что земля здесь колебалась, из нее вытекала раскаленная лава и на поверхности ее насыпались конусы из пепла.

Скопление вулканических пород в отдельных сериях слоев дает нам возможность судить о том, когда наступала вулканическая деятельность, когда она достигала своего максимума и когда прекратилась. Величина слипшихся между собою частиц пепла в древних вулканических туфах позволит нам определить близость бывшего кратера; направление даст нам возможность сделать заключение о том, с какой стороны шел ее поток.

Наконец, в расположении многих слоев наблюдается часто интересное напластование, которое мы называем неправильным или несогласным. Слои не лежат правильно, как листы книги, но серия сло-

ев заканчивается неровной поверхностью (рис. 101), более молодая порода выполняет эти неровности и только потом уже располагаются горизонтальные пласты.

Такие несогласно отложившиеся породы часто начинаются конгломератами, которые состоят из обломков нижележащих пород и содержат в цементирующем своем веществе окаменелости более позднего времени. Если эти ископаемые представляют остат-

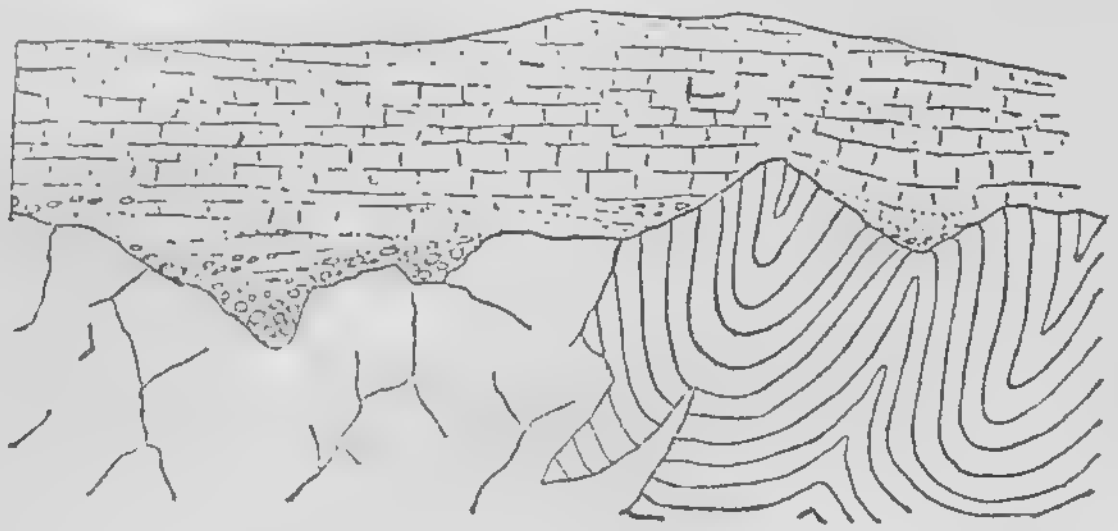


Рис. 101.

На складчатом (направо) и пронизанном плутонической массой (налево) древнем хребте видно несогласное напластование слоистых пород, начинающихся местными скоплениями конгломерата и неправильно слоистых песчаников и переходящих мало-по-малу в явственно слоистый покров.

ки морских животных, то перед нами результат работы моря, залившего материк. Мы видим, как прибой подтачивал и разрушал скалистые утесы, и как, наконец, из возникшего таким образом основного конгломерата с увеличением глубины моря образовались новые морские отложения.

Обыкновенно самые юные отложения, относящиеся к ледниковой и современной эпохам, лежат несогласно на более древних породах, и даже там, где они кажутся залегающими согласно на горизонтальных

пластах раковинного известняка или кварцевого песчаника, можно без труда, на разрезах более значительного протяжения, доказать несогласие в напластовании. Но гораздо интереснее обнаружить несогласное напластование в серии более древних слоев (напр., пермских отложений на каменноугольных в Тюрингии или сеноманских на древнейших складчатых породах в Саксонии).

Наблюдая распространение отложений верхне-каменноугольной эпохи, красного лежня или цехштейна на неровной поверхности древнейших пород, мы открываем величественное геологическое зрелище. Мы видим, что первоначально горизонтальные породы собрались в складки и поднялись в виде высоких горных цепей; эти складчатые горы были снова выровнены выветриванием и сносом, прежде чем на них расположились более молодые слои. —

Стараясь свести, таким образом, последовательность слоев к результатам деятельности великих процессов, имевших место в истории земли, мы, на основании всех наших геологических наблюдений, по необходимости должны будем придти к заключению о громадном возрасте земли. Видя перед собою толщу в сотни метров пестрых песчаников, нам приходится сделать вывод, что для образования их необходимы были тысячелетия; если слой наполнен многочисленными поколениями двустворчатых раковин или руконогих моллюсков, то мы должны подумать о том, сколько времени нужно было для их роста, и если мы выяснили, что каменный уголь представляет сгнившее растительное вещество, то

нам неизбежно придется сделать заключение, что каждый слой угля состоит из ряда сменявшихся поколений деревьев первобытного леса.

К таким же выводам о глубокой древности приводят нас наблюдения над образованием горных долин, если, напр., в случае несогласного напластования, мы попробуем определить громадную массу теперь отсутствующей, некогда снесенной породы.

Дело идет здесь не о догадках, не о бездоказательных гипотезах, но об очевидной истине, о фактах, силе которых нельзя не подчиниться.

Одно только недоступно геологу, и это именно кажется несведущему особенно важным: точно определить в тысячелетиях, *как велико время* продолжительности того или другого геологического периода или процесса. Все попытки оценить такие процессы по человеческой мерке времени были неудачны потому, что невозможно определить продолжительность жизни давно вымерших животных, быстроту роста тех вымерших деревьев, которые оставил после себя каменный уголь, скорость отложения или в первобытной дельте или продолжительность поднятия каких-либо гор. Громадные промежутки времени встречаются нам в геологии на каждом шагу, но никто не может сказать с уверенностью, понадобилось ли для завершения разных процессов 30 или 60 миллионов лет. Мы убеждены, однако, что силы природы во все геологические периоды действовали одинаковым образом, что древнее море было с такими же синими волнами, как наш теперешний океан, что кораллы прежних периодов выказывали такую же

пестроту цветов и что леса каменноугольного периода так же зеленели, как наши теперешние растения. О деятельности давно исчезнувшего водопада можно судить по ныне падающему Рейнскому, о результатах работы растаявшего ледника по теперешним альпийским глетчерам. Первобытный вулкан выбрасывал подобные же столбы пепла, как дымящийся Везувий, а некоторые древние песчаники могут быть сравниваемы с дюнными областями современных пустынь. Но всякая попытка измерить эти явления по продолжительности человеческой жизни оказывается невозможной.

Зато историческая геология может установить с полной достоверностью и точностью относительный возраст исследуемых явлений. Мы можем сказать, что такое-то событие было раньше, а такое-то позже; последовательность руководящих ископаемых известна нам настолько хорошо, что мы можем сказать с полной точностью, когда, т.-е. в какую эпоху, известное животное обитало в океане или известные растения росли на материке. Ничто не возрождается вновь, и на могилах прежних поколений цветет вечно юная жизнь.

Геологические наблюдения убеждают нас на каждом шагу в богатстве творческих сил природы, в непрерывном действии железных законов бытия, связывающих разрушение с новым расцветом. Это выводит нас из узкого круга повседневной жизни и из короткого промежутка времени, для нее уделенного — на путь мысленного созерцания бесконечных пространств и времен, способный возвысить наш дух и дать новый смысл нашей работе.

Дополнения.

1. (К стр. 9.) Геология в широком смысле слова есть история земли. Она распадается на четыре главных отдела:

1) Динамическая или физическая геология исследует ныне происходящие геологические процессы и современные способы образования горных пород, чтобы подойти к выяснению общих физико-географических условий минувших эпох. Отдел этот имеет близкую связь с геофизикой и физической географией и даже сливается с ними.

2) Петрография или петрология — учение о горных породах, их составе, способах образования и последующих изменениях. Петрографу приходится, с одной стороны, исследовать условия залегания и взаимоотношения горных пород в поле, с другой — изучать их в минералогическом (химическом) и кристаллическом (физическом) отношении в лаборатории. Поэтому, петрография стоит в тесной связи как с геологией, так и с минералогией (химией) и кристаллографией (физикой).

3) Палеонтология — учение о древних организмах, животных и растениях, их строении, эволюции и географическом распределении в разные геологи-

ческие эпохи. Имея тесную связь с зоологией и ботаникой, палеонтология тем не менее связана и с геологией: органические остатки представляют весьма важные признаки для распознавания геологических отложений. Конечная задача палеонтологии — раз'яснить, как происходило развитие современного органического мира.

4) Историческая геология изучает последовательные изменения земли в связи с эволюцией ее органического мира. Существенным отделом ее являются стратиграфия (учение о последовательности геологических слоев) и тектоника (учение о строении земной коры).

2. (К стр. 10.) В настоящее время задачи и содержание минералогии существенно осложняются. Минералогия превращается в «химию земной коры». Каждый минерал имеет свою историю, которая находится в тесной связи со всей историей земной коры, с ее «химической жизнью». Перед современным минералогом встает широкая задача следить за путями развития минералов и выяснять условия их образования и последующих преобразований. (См. статью А. Е. Ферсмана: «Новые пути минералогии». 1912.)

3. (К стр. 13.) Для геологического изучения России главным учреждением является Геологический комитет, основанный в 1882 году. Задача его — подробное геологическое описание России и составление ее геологической карты. Он же ведет дела об исследовании минеральных богатств, посылает экспедиции для изучения результатов землетрясений и

является, вообще, центральным учреждением по всем вопросам теоретической и прикладной геологии. В новейшее время учреждается Отделение того же Комитета в Москве и другое в Омске. В 1893 г. комитет издал геологическую карту Европейской России (на 6 лист. в масштабе 150 в. в англ. д.), переизданную несколько лет тому назад. Но главная его задача — детальная геологическая с'ёмка, при чем для Европейской России результаты с'ёмки наносятся на листы 10-тиверстной карты. Из 145 листов этой карты пока разработаны геологически и изданы около $^1/_6$ общего числа. В работах по геологии России принимают также участие различные экспедиции, снаряжаемые правительственными учреждениями и учеными обществами. Тем не менее Россия геологически изучена еще недостаточно, особенно в пределах Азии.

4. (К стр. 18.) Геологический молоток, рекомендуемый проф. А. П. Павловым, очень удобный для работ в области русской равнины, где много мягких пород. Один конец этого молотка приострен и немного отогнут назад. Им удобно раскалывать мягкие породы, выворачивать камни а также взбираться с его помощью на крутые обрывы. Вес молотка может достигать фунта и более. Небольшие молотки удобны для выбивания окаменелостей из кусков породы, а тяжелые молотки необходимы для разбивания плотных конкреций или больших глыб твердой породы.

Для того, чтобы молоток крепче держался на рукоятке, последняя имеет овальное сечение и про-

пускается через отверстие молотка, задерживаясь в конце небольшим расширением. Отверстие в молотке должно несколько расширяться к концу, чтобы рукоятка свободно из него вынималась и вместе с тем сидела вполне плотно.

Для выбивания окаменелостей из пород полезно иметь кроме молотка зубила (долота) разных величин. Для измерения толщины пластов и высоты

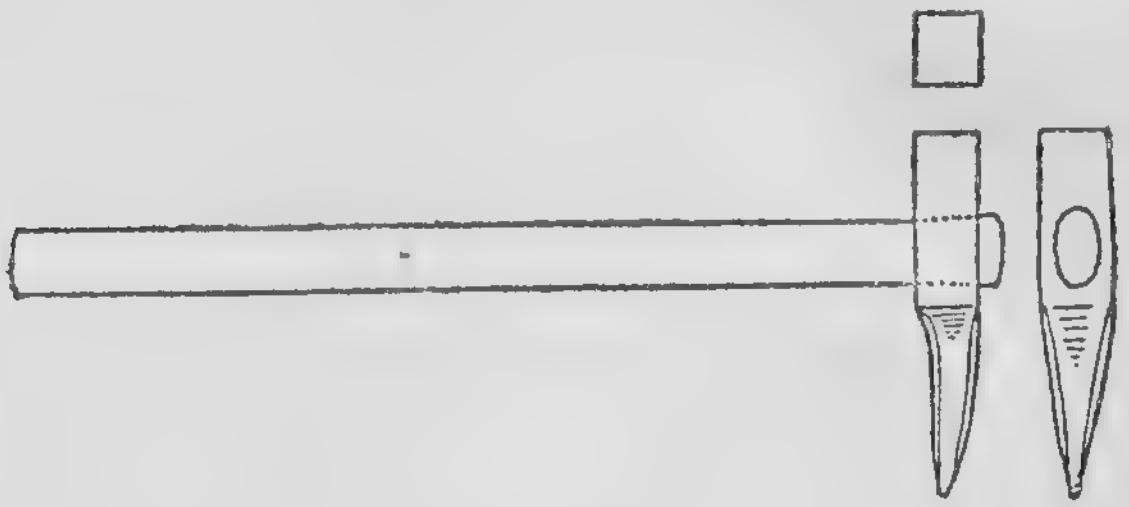


Рис. 102.
Геологический молоток.

обнажений употребляют рулетку или складной аршин (метр).

5. (К стр. 26.) Научная классификация почв основана на способе их образования. Главнейшие типы почв определяются климатическими условиями и занимают на поверхности северных материков ряд поясов или зон (в направлении с юго-запада на северо-восток), почему и называются зональными.

Кроме генетической классификации могут быть и другие, смотря по тому, какие научные или прикладные цели они преследуют. Подробнее о почвах см.

«Физическую Геол.». проф. Мушкетова, изд. 2-ое, статьи. Энциклоп. словаря Брок. и Ефр., труды по почвоведению проф. Докучаева, Сибирцева и др.

6. (К стр. 37.) Отложения, создаваемые ветром или так называемые эоловые, зависят от характера ветра и от условий рельефа, почвы, климата, растительности и т. д. Сильный ветер переносит крупный песок, слабый поднимает только мелкую пыль. Более крупные обломки перекатываются ветром по поверхности земли, мелкие передвигаются прыжками. Песок дает начало кучевым пескам и дюнам (барханам).

7. (К стр. 40.) На пологих возвышенностях дождевые или снеговые воды могут смывать продукты выветривания и отлагать их на нижних уровнях в форме наносов, — или дилювия (deluo — смываю). При многократной повторяемости этого процесса дилювиальный нанос может достигнуть большой мощности, особенно у подошвы склона. Дилювий может быть весьма разнообразным, в зависимости от тех пород, которые подвергаются смыву: он бывает глинистым, лессовидным, песчаным и т. д. (Подробнее в статьях проф. А. П. Павлова: «Дилювий», в «Вестнике Естествознания», 1890 г., № 8 и «О рельефе равнин и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод» в «Землеведении», 1898 г., кн. III—IV).

Деятельность размывания особенно отчетливо выражена у нас, в южной и средней России в виде оврагов, которые являются страшными врагами сельского хозяйства, унося участки пахатной земли, засоряя реки и луга овражными выносами, понижая

уровень грунтовых вод и т. д. (См. В. Масальский, «Овраги черноземной полосы России».)

8. (К стр. 40.) Снеговая линия — это линия, идущая по склону гор и отделяющая летом зону, покрытую снегом, от зоны, лишенной его. Высота снеговой линии зависит, главным образом, от лета и от количества осадков. Во многих горах снеговая линия на одном склоне лежит ниже, чем на другом. Так, напр., в Гималаях, на южном склоне она находится на высоте (в среднем) 4900 м., а на северном (сухом) на высоте 5300 м. На южном склоне Кавказа снеговая линия спускается значительно ниже на западе, чем на востоке. Об'ясняется это большим количеством осадков в западном Закавказьи, приносимых ветрами с Черного моря и большей сухостью воздуха в восточном Закавказьи.

9. (К стр. 96.) В России пещеры встречаются нередко. Из них особенно интересны: алтайские, в которых найдена была богатая ископаемая фауна; крымские, обусловленные карстовым характером крымской Яйлы; в предгорьях Урала; в Келецкой губ. бывш. Царства Польского (здесь найдены любопытные остатки доисторического каменного (палеолитического) века); в Киргизских степях, на Кавказе, даже в средней России, напр., в Нижегородской и др. губ. Своеобразными являются пещеры-ледники: Кунгурская (около г. Кунгура в Пермской губ.), в Крыму около Чатыр-Дага и др.

10. (К стр. 99.) Карстовые явления в России наблюдались во многих местах. Типичной карстовой областью является Крымская Яйла (см. Крубер,

Карстовая область горного Крыма, 1915, в приложении к «Землеведению»). «Воронки», обусловленные провалами, часто встречаются в губ. Уфимской, Тульской и др. В этих местах встречаются также скрывающиеся под землей реки (напр., р. Поникля, Смоленской губ., р. Рагуша Тихв. у. Новг. губ., р. Шаора в Закавказье), и периодически исчезающие озера (в Олонецкой, Архангельской, Нижегородской и др. губ.).

11. (К стр. 125.) Колебания уровня внутренних морей и озер вызываются кроме ветров еще большим или меньшим притоком воды (через реки) и испарением ее. Уровень Черного моря, напр., повышается ежегодно примерно на один фут к маю и июню, вследствие усиленного прихода воды реками весною, и понижается настолько же к зиме вследствие спада воды в реках и испарения ее в море. Вековые колебания уровня особенно заметны в Каспийском море. На этом замкнутом водоеме очень рельефно отражаются колебания количества осадков на площади его бассейна. Колебания эти послужили проф. Брюкнеру между прочим материалом для установления периодичности изменений климата. По его исследованиям наблюдается замечательная периодичность в количестве атмосферных осадков и в колебаниях уровня озер, величине горных ледников и пр., охватывающая в среднем 35 лет. По теории Брюкнера постоянно чередуются периоды холодно-влажный и тепло-сухой.

Хол.-вл. . . .	1700,	1740,	1775,	1815,	1845,	1880
Т.-сух. . . .	1720,	1770,	1795,	1830,	1860,	?

Последующие наблюдения несколько изменили выводы Брюкнера, но смены влажных и сухих периодов должны быть признаны несомненными.

12. (К стр. 126.) Процесс размывания берегов и отступания суши под влиянием морского прибоя лучше всего изучен в Англии, на берегах Ламанша. Разрушение берегов идет здесь таким правильным темпом, что приходится принимать в расчет ход его при возведении капитальных построек. Некоторые берега за исторический период отступили на 2 мили. Продукты разрушения южных и восточных берегов Англии заносят гавани на северных берегах Франции.

13. (К стр. 131.) Косы в России можно видеть на северо-западных берегах Черного моря и на западных берегах Азовского. Имеются они также и на восточных берегах Каспия. Интересен залив Кара-Бугаз. Этот залив соединяется с морем нешироким и неглубоким проливом, в котором происходит постоянный ток морской воды внутрь залива. Обратного тока воды в море нет. Вследствие громадного испарения воды с поверхности залива раствор солей в нем непрерывно концентрируется и образуется, между прочим, глауберовая соль, отложения которой, однако, ежегодно снова размываются летом.

Многие лиманы Черного моря отделены вполне или невполне косами. При полном отделении лиман превращается в озеро, в котором накопляются соли.

14. (К стр. 135.) Так называемый моренный ландшафт представляется обыкновенно более или менее холмистым. Эти холмы — остатки древних конечных

и основных морен и т. наз. оз (åsar), образуемых ледниками по направлению их течения, на подобие мелей, отлагаемых реками на их дне. Холмы часто распределяются грядами и сопровождаются обыкновенно массами валунов. Между холмами встречаются котловины, заполненные озерами. (У нас в России типичным образчиком моренного ландшафта могут служить сев. части средне-русской возвышенности, в губерниях Новгородской, Тверской и др.).

15. (К стр. 152.) В России важнейшими сейсмическими областями являются: Закавказье (около Шемахи, Арарата, также около Эрзерума в прилегающей части Аз. Турции), затем Туркестан (Верный, Фергана) и Забайкалье (долина Селенги). Слабые землетрясения бывают также в Урале, в Крыму и др. местностях. Самые сильные и частые землетрясения на земном шаре характеризуют западную окраину Америки и части восточной Азии (особенно Японию), а также пояс разлома земной коры, идущего поперек Америки, Атлантического океана, Средиземного моря вглубь Азии (землетрясения в Вест-Индии, по северным берегам Южной Америки, в Португалии, Южной Италии, Греции, М. Азии, Индии и т. д.).

16. (К стр. 162.) Лакколиты встречаются и в России. К ним относятся отдельные горы северного Кавказа вблизи Минеральных вод, — Бештау, Машука, Верблюд и др., а также некоторые подобные образования в Туркестане.

17. (К стр. 173.) В России действующие вулканы имеются только на Камчатке (12 действующих вул-

канов и 26 потухших), а на юге Евр. России и на Кавказе — есть только грязевые вулканы. Но на Кавказе некогда была значительная вулканическая деятельность, как то свидетельствуют многие потухшие вулканы (Казбек, Эльборус, Алагез, Арарат и др.), обширные излияния древних лав, имеющиеся еще теплые источники и т. п.

18. (К стр. 186.) Выше было сказано, что результаты геологической с'ёмки в Евр. России наносятся на 10-ти вер. карту. В последнее время наше Военно-топографическое ведомство решило перейти к метрическим мерам, причем 10-ти верстный масштаб (1 : 420000) имеет быть заменен более крупным 1 : 300000. Для более подробных с'ёмок можно пользоваться топографической картой в масштабе 3 в. в дюйме (1 : 126000), которая имеет быть в будущем заменена масштабом 1 : 100.000, т.-е. несколько более крупным.

Литература для самообразования и для экскурсий.

Интересующемуся геологией можно рекомендовать, кроме предлагаемой книжки Вальтера, еще следующие сочинения.

I. Популярные издания.

Дэс. Грегори. Начатки геологии. С 40 рис. Пер. с английского. Изд. «Мир». Москва 1911 г.

Гейки. Геология. Пер. с англ. 3-ье изд.

А. Лаппаран. Общедоступная геология. Пер. Предтеченского. Спб. 1903 г.

А. П. Нечаев. В царстве воды и ветра. Очерки из жизни и истории земли.

Проф. *А. П. Павлов.* Вулканы на земле и вулканические явления во вселенной. Его-же. — Морское дно.

В. Д. Соколов. Прошлое и настоящее земли.

Гётчинсон. Вымершие чудовища. Пер. М. В. Павловой.

II. Систематические руководства.

Проф. *М. Неймайр.* История земли. Том I. Общая геология. Том II. Историческая геология.

В. К. Агафонов. Настоящее и прошлое земли (популярная геология и минерал.) 2-ое изд. Спб. 1906 г.

Иог. Вальтер. История земли и жизни. Имеются два издания.

А. А. Иностранцев. Геология. Два тома.

Боммели. История земли. Изд. Вят. тов. 1912 г.

В. П. Лучицкий. Курс петрографии.

А. Борисяк: Курс палеонтологии.

Штейнманн. Введение в палеонтологию.

III. Пособия для экскурсий.

Справочная книжка для путешественников. Изд. Ильина. (Геология. Составил К. И. Богданович.)

К. Кейльгак. Практическая геология. Методы исследования и приемы работ в области геологии, минералогии и палеонтологии. Том I.

Проф. *А. П. Павлов:* Геологический очерк окрестностей Москвы. Пособие для экскурсий.

СОДЕРЖАНИЕ.

	Стр.
1. Введение	9
2. Геологические обнажения	13
Задачи: 1—6	17
3. Выветривание	18
Задачи: 7—23	27
4. Результаты выветривания	30
Задачи: 24—39	44
5. Горные породы	47
Задачи: 40—42	68
6. Трещины в горных породах	68
Задачи: 43—48	76
7. Подземная вода и источники	79
Задачи: 49—57	89
8. Заполнение трещин и пустот	90
Задачи: 58—59	100
9. Текучие воды	100
Задачи: 60—85	113
10. Стоячие воды	119
Задачи: 86—91	123
11. На морском берегу	124
Задачи: 92—102	132
12. Нагорья и горы	134
Задачи: 103—107	143
13. Нарушения залегания слоев и землетрясения	144
Задачи: 108—114	154
14. Плутонические явления	160
15. Вулканизм	166
Задачи: 115—116	176
16. Последовательность слоев	177
Задачи: 117—119	187
17. Картографическое изображение	187
Задачи: 120—123	192
18. Последовательность времен	193

Дополнения 1—18 Стр.
1. Подразделения геологии 201
2. Содержание минералогии 202
3. Геологическое изучение России 202
4. Геологические инструменты 203
5. Классификация почв 204
6. Эоловые образования 205
7. Дилювий; работа воды в реке 205
8. Снеговая линия 206
9 и 10. Пещеры и карстовые явления в России . 206
11. Колебания уровня озер и периоды Брюкнера . 207
12 и 13. Размывание морских берегов и образование кос 208
14. Моренный ландшафт 208
15. Сейсмические области России; глубина эпицентра землетрясений 209
16. Лакколиты. 209
17. Вулканы в России 209
18. Русские топографические карты 210

3117